



Naturfareprosjektet: Delprosjekt 6 Kvikkleire

# Skred ved Døla i Vefsn

Undersøkelse av materialegenskaper

40  
2013

R  
A  
P  
P  
O  
R  
T



Naturfareprosjektet: Delprosjekt 6 Kvikkleire

# Skred ved Døla i Vefsn. Undersøkelse av materialelegenskaper.

**Rapport nr. 40 /2013**

Skred ved Døla i Vefsn. Undersøkelse av materialelegenskaper.

**Utgitt av:** Norges vassdrags- og energidirektorat i et samarbeid med Statens vegvesen og Jernbaneverket

**Utarbeidet av:** Norges geotekniske institutt (NGI)

**Forfatter:** Ragnar Moholdt

**Dato:** 11.04.2013

Opplag: P.O.D.

**ISBN:** 978-82-410-0909-9

**Sammendrag:** Etatene Statens vegvesen (SVV), Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE) og Jernbaneverket (JBV) har, gjennom etatsatsningsprosjektet Naturfare - Infrastruktur, Flom og Skred (NIFS) et delprosjekt (DP6) som omhandler kvikkleire. Fra NGI er det bestilt en rapport hvor materialelegenskapene til rekonsolidert siltig leire har blitt undersøkt etter at det gikk et skred ut mot elva Døla like øst for Mosjøen den 19. juni 2011. Grunnundersøkelser har blitt utført i flere omganger for å studere effekten av pågående rekonsolidering.

**Emneord:** Materialelegenskaper, kvikkleire, rekonsolidering

**Forord**

NIFS-prosjektet er et felles satsningsområde mellom Jernbaneverket, Norges vassdrags- og energidirektorat og Statens vegvesen. Prosjektperioden er definert som 2012 – 2015. Planlagt budsjett på 42 millioner i perioden. Stort fokus på intern kompetanse og faglig utvikling bidrar i tillegg med anslagsvis 30 årsverk fra etatene i samme periode. Prosjektet er allerede i leveransefasen, 7 delprosjekter er etablert, og opp i mot 100 medarbeidere i de tre etatene er involvert i større eller mindre grad.

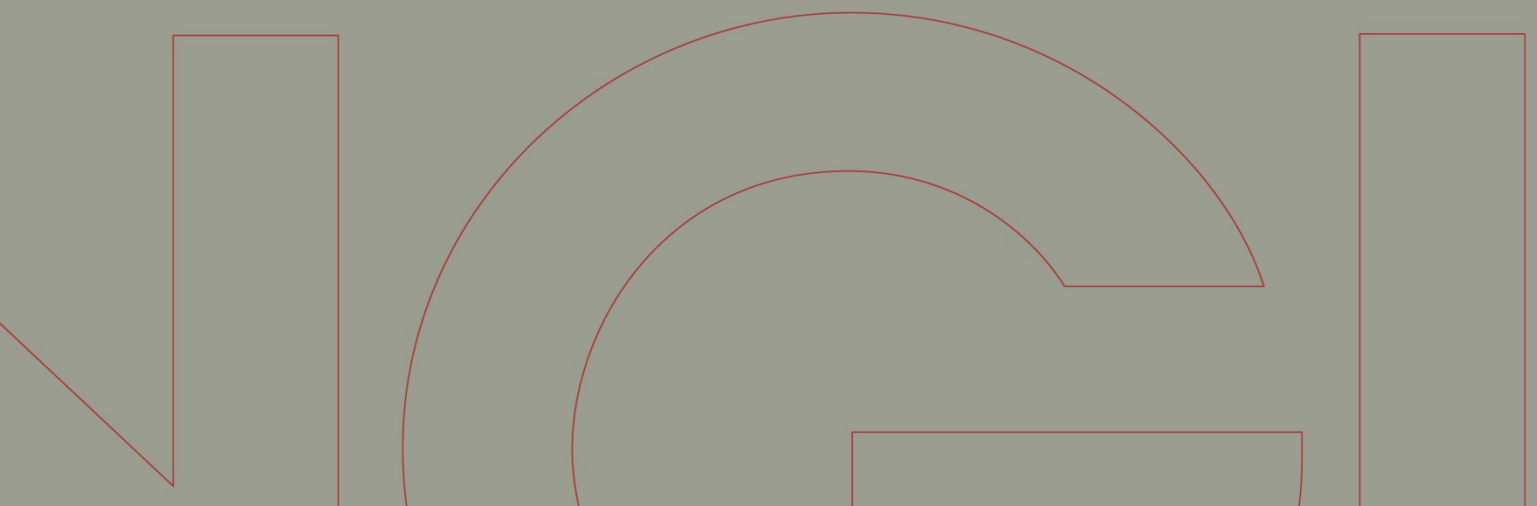


# Rapport / Report

## SP1.2012.06 Rekonsolidering av kvikkleire

### Skred ved Døla i Vefsn. Undersøkelse av materialelegenskaper.

20120166-01-R  
11. april 2013  
Rev. nr.:





Ved elektronisk overføring kan ikke konfidensialiteten eller autentisiteten av dette dokumentet garanteres. Adressaten bør vurdere denne risikoen og ta fullt ansvar for bruk av dette dokumentet.

Dokumentet skal ikke benyttes i utdrag eller til andre formål enn det dokumentet omhandler. Dokumentet må ikke reproduseres eller leveres til tredjemann uten eiers samtykke. Dokumentet må ikke endres uten samtykke fra NGL.

Neither the confidentiality nor the integrity of this document can be guaranteed following electronic transmission. The addressee should consider this risk and take full responsibility for use of this document.

This document shall not be used in parts, or for other purposes than the document was prepared for. The document shall not be copied, in parts or in whole, or be given to a third party without the owner's consent. No changes to the document shall be made without consent from NGL.



## Prosjekt

Prosjekt: SP1.2012.06 Rekonsolidering av kvikkleire  
Dokumenttittel: Skred ved Døla i Vefsn. Undersøkelse av materialelegenskaper.  
Dokumentnr.: 20120166-01-R  
Dato: 11. april 2013  
Rev. nr./rev. dato:

Hovedkontor:  
Pb. 3930 Ullevål Stadion  
0806 Oslo

Avd Trondheim:  
Pb. 1230 Sluppen  
7462 Trondheim

T 22 02 30 00  
F 22 23 04 48

Kontonr 5096 05 01281  
Org. nr 958 254 318 MVA

[ngi@ngi.no](mailto:ngi@ngi.no)  
[www.ngi.no](http://www.ngi.no)

## Oppdragsgiver

Oppdragsgiver: Norges forskningsråd (NFR)  
Kontaktperson:  
Kontraktreferanse:

## For NGI

Prosjektleder: Ragnar Moholdt  
Utarbeidet av: Ragnar Moholdt  
Kontrollert av: Jean-Sébastien L'Heureux / Vidar Gjelsvik

## Sammendrag

Materialelegenskapene til rekonsolidert siltig leire har blitt undersøkt etter at det gikk et skred ut mot elva Døla like øst for Mosjøen den 19. juni 2011. Grunnundersøkelser har blitt utført i flere omganger for å studere effekten av pågående rekonsolidering.

I borpunkt 7 indikerer boringene en omrørt sone med ca. 3 meter mektighet. 3-4 måneder etter skredet ble det målt et poretrykk i de omrørte massene som nesten tilsvarte det totale overlagingstrykket, dvs. *in situ* effektivspenning var nesten lik null.

Det ble installert vertikaldren og lagt ut en motfylling som har ført til rekonsolidering av de omrørte massene. Det har tatt over ett år før poretrykket i de omrørte massene har stabilisert seg på hydrostatisk nivå.

# Sammendrag (forts.)



Dokumentnr.: 20120166-01-R  
Dato: 2013-04-11  
Rev. nr.:  
Side: 4

Mikroskopanalyser og rutineundersøkelser i laboratoriet har vist at den rekonsoliderte leira har en tettere struktur enn naturlig avsatt leire som er upåvirket av skred. Vanninnholdet reduseres gjennom rekonsolideringsprosessen samtidig som både omrørt og uomrørt skjærfasthet øker.

Treksialforsøk (CAUC) er tolket mht. aktiv, udrenert skjærfasthet ( $s_u^A$ ). Tolket skjærfasthet normalisert mht. aktuelt effektivspenningsnivå er benyttet som referanseparameter. Det er funnet høyere verdier for normalisert skjærfasthet ved forsøk på prøver av naturlig avsatt leire utenfor skredgropa enn ved forsøk på prøver av rekonsolidert leire fra skredgropa. Dette skyldes at den naturlige leira utenfor skredgropa er overkonsolidert, mens leira inne i skredgropa er omrørt og har mistet sin opprinnelige struktur og fasthet. Utførte treksialforsøk tyder på at det kan regnes med verdier for normalisert skjærfasthet som ligger mellom 0,35 og 0,5 for den rekonsoliderte leira fra skredgropa. Dette er verdier som ligger over det typiske variasjonsområdet for naturlig avsatt leire som ikke er overkonsolidert pga. tidligere overlaging eller aldring.

Tolket friksjonsvinkel fra treksialforsøkene utført på rekonsolidert leire fra borpkt. 7 varierer fra ca. 32 - 37 grader. Tolket friksjonsvinkel synes å ligge noe høyere for rekonsolidert leire fra skredgropa enn for naturlig avsatt leire som er upåvirket av skred.

Utførte treksialforsøk og CPTU-sonderinger viser at den rekonsoliderte leira fra skredgropa dilaterer ved påføring av økt skjærspenning. Isolert sett tilsier disse undersøkelsene at det kan være aktuelt å modellere materialet med drenerte effektivspenningsparametere i stabilitetsberegninger. Materialoppførselen må imidlertid også vurderes i forhold til effekt av mulig prøveforstyrrelse, lastbetingelser, rekonsolideringsgrad og muligheten for at det finnes soner i skredmassene som oppfører seg kontraktant for en gitt tilleggsbelastning.

I forbindelse med planlegging og prosjektering etter skredhendelser må det tas hensyn til at rekonsolidering kan ta lang tid. Selv om det i dette tilfellet ble installert vertikaldren, har det tatt over ett år før poretrykket har stabilisert seg på hydrostatisk nivå i de omrørte massene. Dimensjoneringsregler for vertikaldren tilsier at med en så lang konsolideringstid må den omrørte sonen rundt hvert dren ha en diameter som er omtrent like stor som installert senteravstand mellom drenene. Det siste bekrefter at leirmassene har blitt fullstendig omrørt som følge av skredet da selve installasjonen av vertikaldren under normale forhold vil gi en langt mindre omrørt sone.

Lignende undersøkelser ifm. fremtidige skredhendelser vil kunne gi et bedre statistisk grunnlag for bestemmelse av materialeegenskapene til rekonsolidert leire. Etter at rekonsolideringsprosessen er fullført, antas det at udrenert skjærfasthet vil fortsette å øke som følge av aldring og elektrokjemiske prosesser. Dette er trolig prosesser som foregår over lang tid, noe som bør undersøkes nærmere i fremtiden.

# Innhold

<b>1</b>	<b>Innledning</b>	<b>6</b>
<b>2</b>	<b>Skredhendelsen</b>	<b>7</b>
<b>3</b>	<b>Felt- og lab undersøkelser</b>	<b>10</b>
<b>4</b>	<b>Grunnforhold og identifikasjon av omrørte soner</b>	<b>11</b>
<b>5</b>	<b>Sikringstiltak og rekonsolidering</b>	<b>14</b>
	5.1 Sikringstiltak	14
	5.2 Poretrykksutvikling	14
	5.3 Målte setninger i perioden november 2011 – juli 2012	16
<b>6</b>	<b>Endring av materialegenskaper som følge av rekonsolidering</b>	<b>17</b>
	6.1 CPTU-sondering	17
	6.2 Laboratorieforsøk	18
	6.3 Ødometer (CRSC)	22
	6.4 Treaksialforsøk (CAUC)	23
<b>7</b>	<b>Diskusjon og konklusjon</b>	<b>24</b>
<b>8</b>	<b>Referanser</b>	<b>27</b>

## Tegninger

Tegning 001	Oversiktskart (1:50 000), s 28.
Tegning 100	Situasjonsplan (1:1000), s.29.
Tegning 101	Situasjonsplan - setningsmålinger (1:1000), s. 30.
Tegning 200	Profil A (1:400), s.31.
Tegning 201	Profil A, CPTU-sonderinger (1:400), s. 32.
Tegning 300-303	CPTU-sammenligning, utvidet plott, s. 33-36.
Tegning 400-401	Prøveserie-sammenligning, s. 37-38.

## Vedlegg

Vedlegg 1	Datarapport – grunnundersøkelser, s. 39-153.
Vedlegg 2	Bilder fra skredet, s. 154-157.

## Kontroll- og referanseside

## 1 Innledning

NGI har på oppdrag for Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE) deltatt på befarings- og gitt råd ifm. evakuering, undersøkelser og tiltak etter et skred som gikk søndag den 19. juni 2011. Skredet gikk ut mot elva Døla i nærheten av Remma, like øst for Mosjøen, jf. *Figur 1* og oversiktskart på Tegning 001.

Grunnundersøkelser, prosjektering og utførelse av sikringstiltak har i ettertid blitt utført i regi av NVE.

Et FoU-prosjekt ble foreslått av to ulike årsaker:

1. Det er behov for mer kunnskap om hvordan materialegenskapene til omrørt kvikkleire utvikler seg over tid. I første rekke er det behov for å kvantifisere hvilken økning av skjærfasthet som kan forventes pga. rekonsolidering og hvilke forhold som styrer fasthetsutviklingen. Sammenstillinger av erfaringstall kan bli et nyttig hjelpemiddel ved vurdering av akutsituasjonen og ikke minst ved prosjektering av sikringstiltak ifm. fremtidige skredhendelser.
2. Relevante data fra grunnundersøkelser er mangelvare fordi bruk av anleggsmaskiner i skred ofte er forbundet med en betydelig risiko. Dessuten kan tilgjengeligheten i mange tilfeller være vanskelig. I dette tilfellet lot det seg greit gjøre å komme ut i skredgropa med borerigg pga. et relativt tykt topplag av faste masser.

Ekstra laboratorieundersøkelser har blitt bekostet av "NIFS – prosjekt N-6.7.2 Styrkeøkning av rekonsolidert kvikkleire etter skred", ref. (1). "NIFS – Naturfare, Infrastruktur, flom og skred" er et offentlig etatsprosjekt for forskning innenfor de relevante tema. NVE, Statens vegvesen og Jernbaneverket deltar i denne FoU-satsingen.

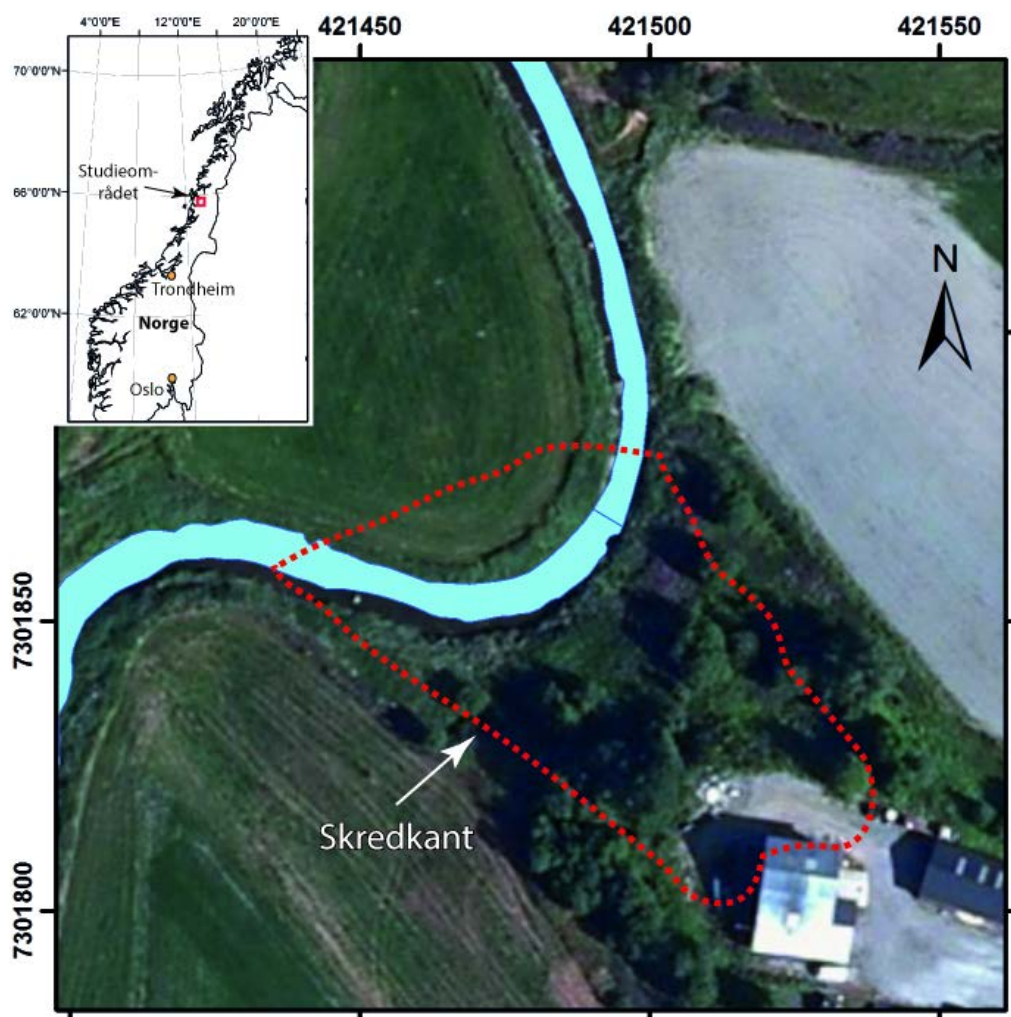
NGI har bidratt med midler fra sin grunnbevilgning (fra Norges forskningsråd) til sammenstilling av data, analyser og rapportering gjennom strategisk prosjekt "SP1 - Skred i sensitive leirer," som rapportert i foreliggende rapport.

Målet med denne rapporten er å presentere en sammenstilling og tolkning av de innsamlede data etter skredet ved Døla i 2011. Første del av rapporten presenterer selve skredhendelsen, grunnforholdene, sikringstiltakene og poretrykksutviklingen etter skredet. Endring av leireegenskaper som følge av rekonsolidering er presentert og diskutert i kapittel 6. Videre gir rapporten forslag og råd mht. valg av styrkeparametre i forbindelse med prosjektering av sikringstiltak i områder med omrørt leire.

## 2 Skredhendelsen

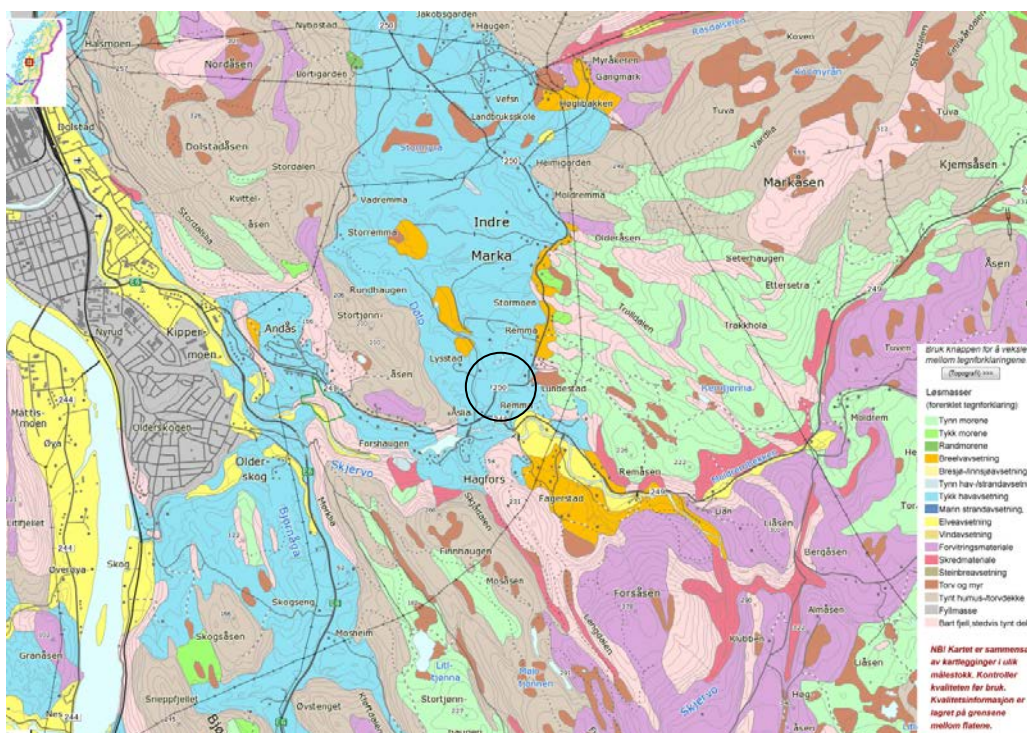
Skredet ligger ved elva Døla i nærheten av Remma, 3 km øst for Mosjøen i Nordland (*Figur 1*). Kvartærgeologisk kart viser marine avsetninger, tykt dekke (blått), i det aktuelle området (*Figur 2*). I områdene rundt finnes det flere breelv- og elveavsetninger. Det er også mye fjell i dagen og områder med tynt morenedekke/forvittringsjord.

Skredet ble utløst den 19. juni 2011 og gikk ut i elva Døla fra østsiden av vassdraget. Skredet var ca. 30 meter bredt i bakkant, og skredmassene hadde en bredde på ca. 60 meter i forkant. Avstanden fra bakkant av skredet til forkant av skredmassene var ca. 60-100 meter. Utbredelsen av skredet er vist på *Figur 1* og på plan, Tegning 100, og snitt, Tegning 200-201.



*Figur 1: Flybilde over studieområdet tatt før juni 2011 som viser omriss av 2011 skredet.*





Figur 2 Kvartærgeologisk kart (ring rundt aktuelt område)



Figur 3 Skredet sett forfra (fra vestsiden av elva)

Bakkanten av skredgropa lå like inntil driftsbygningen på en gård som forut for skredet lå 50-60 meter unna elva Døla på det nærmeste i elvesvingen (Figur 3). Raskanten var anslagsvis 10 meter høy på det høyeste, og den totale høydeforskjellen mellom elva og gården er i overkant av 15 meter.

Terrengheving i foten av skredgropa og nedsynkning i bakkant indikerer en roterende hovedbevegelse. Trær hadde lagt seg innover i skred gropa. Foran de oppstuede leirmassene i foten av skredet hadde sensitiv leire rent utover og til dels

blitt ført med elva. Delvis hadde disse massene blitt avleiret foran hovedskredet og ses som grå masse på bildet, *Figur 4*.

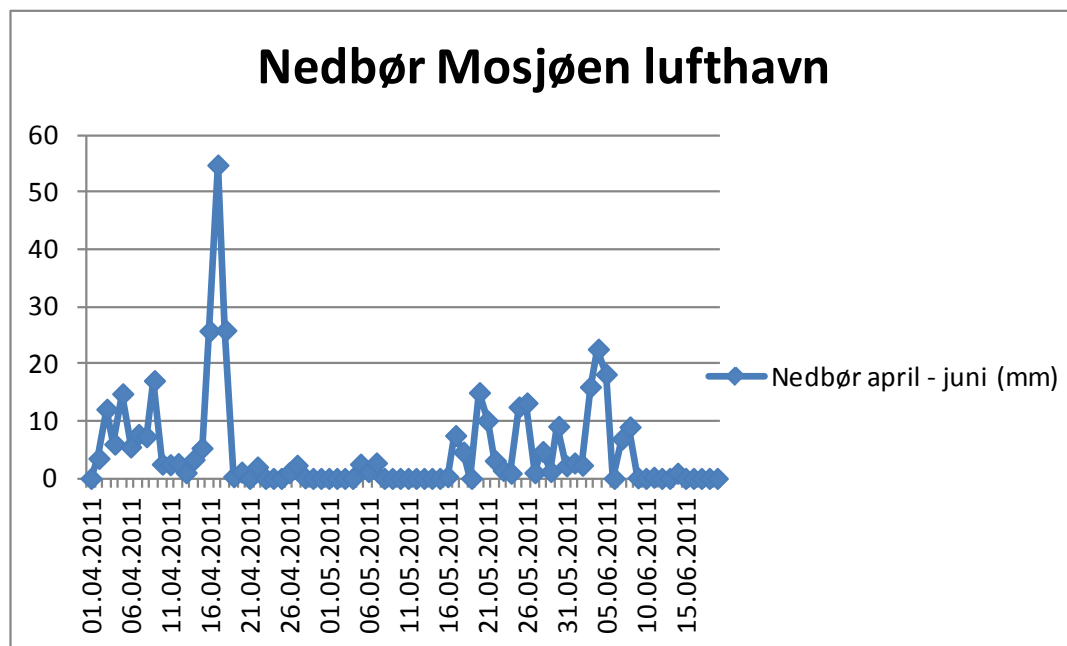


*Figur 4 Avsetninger av sensitiv leire foran skredgropa*

En gjennomgang av relevant informasjon har identifisert følgende to forhold som etter alt å dømme kan knyttes til utløsningen av skredet:

1. Erosjon. Skredet ble utløst ved en yttersving i elva. Nedbørmålinger ved Mosjøen lufthavn viser imidlertid at det ikke hadde falt spesielt mye nedbør forut for skredet; 79 mm ble målt i perioden fra 1.-19. juni og 377 mm fra 1. april til 19. juni, jf. *Figur 5* og ref. (2). I det aktuelle nedbørfeltet var dessuten snøsmeltinga i all hovedsak unnagjort før juni iht. ref. (3). Det er likevel sannsynlig at lang tids erosjon, spesielt ifm. årlige vårflommer, har gjort skråningen brattere og således påvirket stabiliteten i negativ retning.
2. Utfylling av masser fra gårdsplassen. Boring i pkt. 8 i skredgropa indikerer ca. 5 m grus øverst. Utfyllinga har skjedd over mange år. Det var observert grushauger på gårdsplassen som indikerer at det også har vært fylt ut masse nylig.





Figur 5 Nedbør i 1. april – 19. juni (fram til skredet.)

Grunnundersøkelsene har i ettertid vist at leirmassene for det meste er lite sensitive, men at det var en lomme av kvikkleire mellom gården og elva.

Det er sannsynlig at skredet ble initiert gjennom et progressivt brudd i kvikkleirelomma nede ved elva som forplantet seg videre bakover og opp til gården. Videre retrogressiv utvikling av skredet stoppet opp pga. lite sensitive leirmasser under gårdsplassen (prøveserie pkt. 3).

Utfylling av grusmasser fra gårdsplassen hadde etter alt å dømme bidratt til en forverring av skråningsstabiliteten slik at sikkerhetsmarginen mot utglidning på forhånd var liten. Imidlertid kan utfylling også ha vært direkte årsak til at skredet ble utløst.

### 3 Felt- og lab undersøkelser

Grunnundersøkelsene utført i studieområdet inkluderer 4 prøvetakingsserier med 54 og 75 mm stempelprøvetakere, 10 totalsonderinger, 10 trykksonderinger (CPTU) og installasjon av 7 poretrykksmålere. Disse undersøkelsene ble utført i etterkant av skredet og i regi av NVE for vurdering av:

1. Akuttsituasjonen / evakuering – juni 2011
2. Prosjektering av sikringstiltak – juni og oktober 2011
3. Dokumentasjon av oppnådd sikkerhet – oktober 2012

En fullstendig presentasjon av grunnundersøkelsene er gitt i Vedlegg 1. Borplan er vist på Tegning 100.

Rutine undersøkelser ble utført ved NGIs laboratorium i Oslo for bestemmelse av vanninnhold, romvekt og udrenert skjærfasthet. Fra utvalgte sylindere ble det tatt ut prøver for bestemmelse av plastisitetsgrenser. På utvalgte prøver ble det også utført kornfordelingsanalyse ved våtsikting og metoden "Falling drop" for bestemmelse av finstoffinnhold. Fire treaksialforsøk (CAUC) og fire ødometerforsøk ble utført for bestemmelse av leires skjærfasthet, overkonsolideringsgrad og permeabilitet. En fullstendig presentasjon av metodene og resultater for laboratorieundersøkelser er gitt i Vedlegg 1.

I tillegg til undersøkelsene nevnt ovenfor ble 6 prøver analysert med hjelp av sveipelektronmikroskopi (SEM) (Scanning Electron Microscopy). Instrumentet brukes for å studere mikrostruktur av leiravsetninger og for å si noe mineralsammensetning. Under mikroskopanalysene ble bilder tatt med økende forstørrelse (dvs. fra 20 til 20,000 ganger). Mer info om SEM metoden og resultatene fra SEM analyser er gitt i Vedlegg 1, samt ref. (1) og (4).

#### **4 Grunnforhold og identifikasjon av omrørte soner**

Resultater fra grunnundersøkelser viser at de naturlige løsmassene består av et tynt tørrskorpelag, typisk ca. 1-2 m tykt, over siltig leire. Karakteristisk for avsetningen er mange tynne lag av silt og finsand. Løsmassene blir gradvis mer dominert av silt- og finsandlagene ned mot fjell. I skredgropa er det påvist et opptil 5 meter tykt lag av oppfylt grus i borpunkt 8.

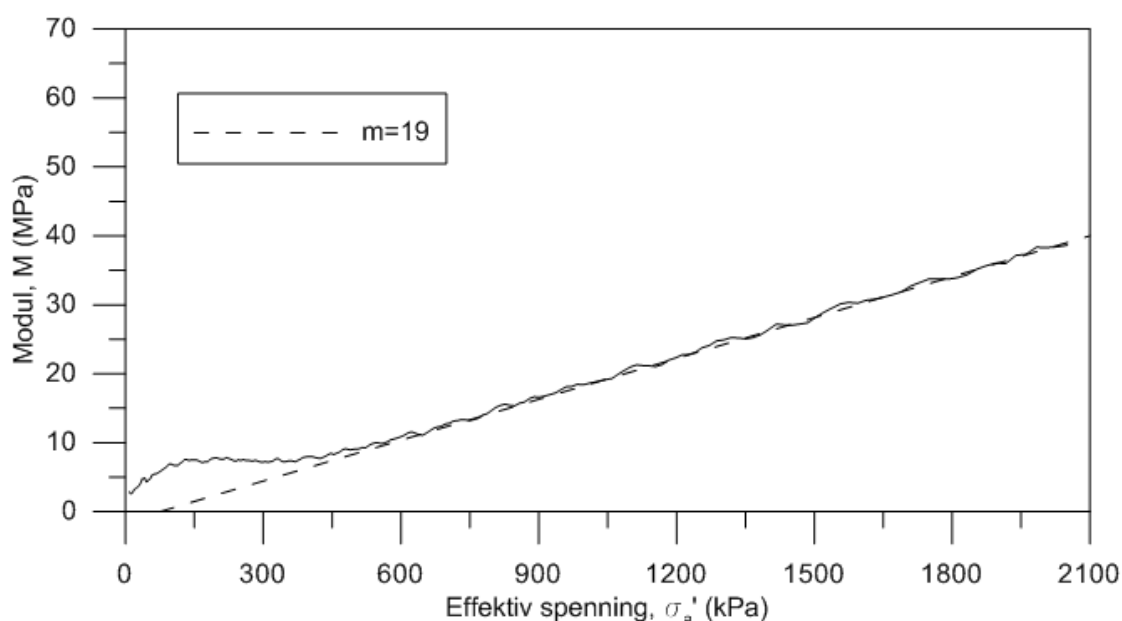
Fjelldybden varierer fra over 30 meter nede ved elva (skredgropa) til 3-4 meter ved borpunktene lengst opp i skråningen øst for elva. I skråningen på vestsida av elva er det registrert fjell i dagen flere steder.

Prøver fra grunnundersøkelser utført ved punkt 10A (referansepunkt utenfor skredgropa) viser at leirinnholdet varierer fra 20-26 % i de naturlige leiravsetningene. Vanninnholdet varierer mellom 26 og 33 % og plastisitetsindeksen fra 9-14 %. Generelt er saltinnholdet målt lavere enn 1g/l porevann, jf. *Tabell 1*. Ødometerforsøk viser at den naturlige leira er overkonsolidert, jf. *Figur 6*. Overkonsolideringsgraden er tolket til å ligge mellom 5 og 6 i dybde 8-9 meter.

I borpunkt 10A er det ved prøvetaking påvist sensitiv leire med omrørt skjærfasthet ned til 0,6 kPa, dvs. leira er på grensen til å kunne betegnes som "kvikk". Prøveserien tyder på at mektigheten av sensitiv leire er begrenset til enkelte tynne lag. Definisjonsmessig kvikkleire er imidlertid påvist ved prøvetaking inne i skredgropa (borpunkt 7). Prøvene av kvikkleire ble tatt i 2011, dvs. mens poretrykket ennå var svært høyt og før de omrørte skredmassene hadde rekonsolidert seg.

Tabell 1 Typiske indeksparametere for leiravsetningen (borpkt. 10A)

Jordparameter	Typisk variasjonsområde
Vanninnhold	26-33 %
Plastisitetsgrense	14-17 %
Flytegrense	25-29 %
Plastisitetsindeks	9-14 %
Romvekt	18,8-20,3 kN/m <sup>3</sup>
Udrenert skjærfasthet (konus og enaks)	16-45 kPa
Omrørt skjærfasthet (konus)	0,6-6 kPa
Sensitivitet	8-50
Saltinnhold	0,8-1,0 g/l



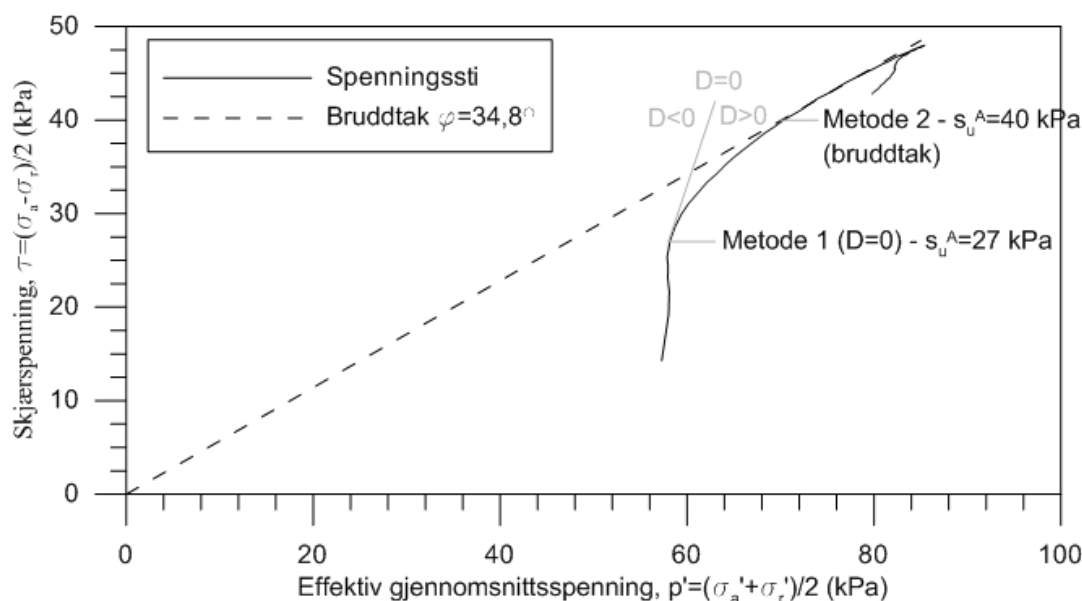
Figur 6 Ødometerforsøk på inntakt leire fra borpkt. 10A – d=8,8m

Treksialforsøk fra omtrent samme dybde i borpkt. 10A viser dilatant materialoppførsel, jf. Figur 7. Relativ endring av poretrykk under konsolidering indikerer god prøve kvalitet, og det antas derfor at materialoppførselen er riktig.

Tolkning iht. "Metode 1" gir en unormalt lav verdi av normalisert skjærfasthet ( $s_u^A/p_0'$ ) sett i forhold til overkonsolideringsgraden. Ved tolkning etter denne metoden forutsettes det at prøven kan ha vært forstyrret. Det antas at prøveforstyrrelsen kan ha påvirket jordoppførselen slik at bruddet ble dilatant i stedet for kontraktant. Kontraktant brudd antas videre å representere den riktige materialoppførselen. Udrenert skjærfasthet er satt lik målt skjærespennings ved vendepunktet på spenningsstien; dvs. ved punktet på spenningsstien som markerer overgangen fra kontraktant til dilatant materialoppførsel.

Tolkning iht. "Metode" 2 gir en verdi for normalisert skjærfasthet som ligger innenfor det normale variasjonsområdet når det tas hensyn til overkonsolideringsgraden. Udrenert skjærfasthet er iht. til denne metoden satt lik målt skjærspenning ved punktet på spenningsstien som tangerer Coulomblinja (effektivspenningskriteriet). Ved tolkning iht. "Metode 2" kan tolket udrenert skjærfasthet uttrykkes ved følgende ligning basert på SHANSEP, ref. (5):

$$s_u^A = 0,29 \cdot p_0' \cdot OCR^{0,6}$$



Figur 7 Treaksialforsøk på inntakt leire fra borpkt. 10A – d=8,5m

Tolkning iht. "Metode 2" antas å være mest riktig ifm. udrenerte stabilitetsanalyser i dette tilfellet. Det virkelige bruddet kan imidlertid ligge så høyt som ved maksimal målt skjærspenning på spenningsstien.

Tolkning av treaksialforsøkene utført på inntakt leire utenfor skredgropa (punkt 10A) tilsier følgende effektivspenningsparametere for bruk i stabilitetsanalyse (drenerte lastbetingelser):

$$\begin{aligned} \varphi &= 34-37 & (a=0 \text{ kPa}) \\ \varphi &= 29-30 & (a=10 \text{ kPa}) \end{aligned}$$

Et snitt sentralt gjennom skredgropa er vist på Tegning 200 og 201. Antatt glideflate er markert på tegningene hvor også resultater fra bla. CPTU er vist. Borpunkt 7 og 8 ligger innenfor skredet. Borpunkt 7 ligger i kompresjonssonen til skredet (passiv sone). Her er det ved prøvetaking og laboratorieundersøkelser, samt CPTU, påvist bløte og sensitive masser fra ca. 5.7 meter dybde til 8.5 meter dybde. Den aktuelle glideflaten antas å ha gått gjennom denne sonen.

Borpunkt 8 ligger ca. midt i skredet (direkte sone). Her er det ikke tatt prøver. Fra CPTU fremgår det ingen klart definert omrørt sone som kan identifisere glideplanet

til skredet. Sonderingen indikerer at jordmassene består av grus til ca. 6 m dybde, og at leira under dette nivået i all hovedsak er intakt. Geometrien av skredet forøvrig kan tyde på at glideplanet ligger like under overgangen mellom grus og leire.

## 5 Sikringstiltak og rekonsolidering

### 5.1 Sikringstiltak

Sikringstiltak ble prosjektert på grunnlag av utførte grunnundersøkelser i juni og oktober 2011. Sikringstiltakene ble i hovedsak utført i perioden oktober – november 2011.

1. Først ble nytt elveløp etablert i ca. 40 meter avstand fra fronten av skredet.
2. Deretter ble det utført noe oppfylling og planering i skredgrova. Dette ble gjort mht. fremkomst av rigg og for å oppnå en liten stabilitetsforbedring før installasjon av vertikaldren. Oppfyllinga omfattet også drenslag.
3. Det ble så installert vertikaldren i skredgrova. Vertikaldrenene ble satt med senteravstand 1,5 meter mellom borpunkt 4 og 8. Vertikaldrenene var 13 og 17 meter lange hhv. i nedre og øvre del av skredgrova.
4. Deretter ble det lagt ut en motfylling av grus foran og inne i skredgrova.

Tabell 2 gir oversikt over oppfyllingsnivåer og installerte nivåer for vertikaldren ved borpunktene som ligger inne i skredgrova (4, 7 og 8). Avgrensning av vertikaldrensområde og motfyllingsområde er også vist på plan, Tegning 100, og snitt Tegning 200-201.

Tabell 2 Oppfyllingshøyde og dybde - vertikaldren for borpunkter i skredgrova

Borpunkt	Terrengkote før oppfylling Vertikaldren top. (moh)	Terrengkote etter oppfylling (moh)	Oppfylling (m)	Dybde vertikaldren (m)	Vertikaldren Bunn (kt.)
4	+66.8	+69.6	2.8	0-13	+53.8
7	+69.7	+71.6	1.9	0-13	+56.7
8	+70.2	+73.3	3.1	0-17	+53.2

### 5.2 Poretrykksutvikling

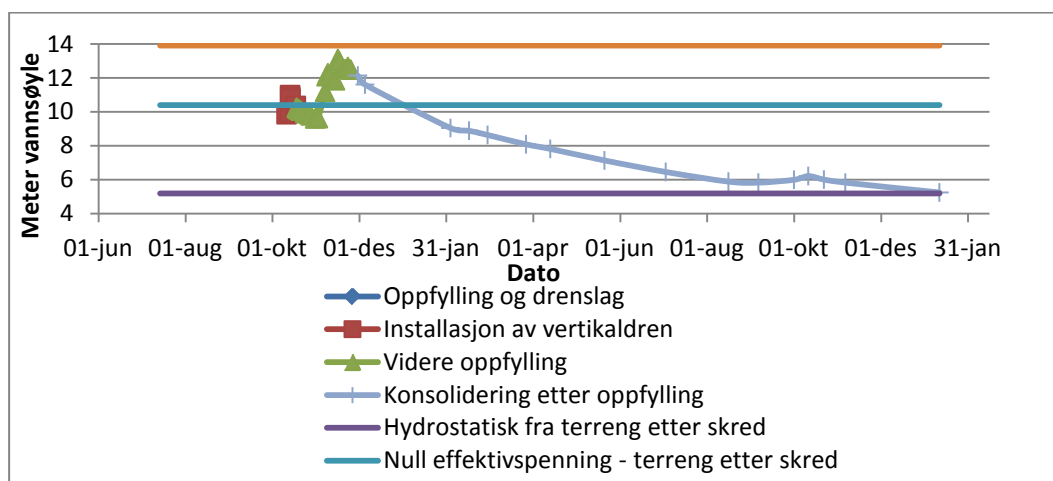
Målingene i borpunkt 7, dybde 5 m, viser at poretrykket til å begynne med nesten tilsvare jordoverlagringstrykket (Figur 8). I en slik spenningstilstand er det nesten ikke effektivspenninger, dvs. at kornene flyter i porevannet som i en "slurry". De første målingene ble gjort like før sikringsarbeidene tok til, dvs. 3-4 måneder etter skredet, jf. Figur 8.

Målerne i 10 m dybde i borpunkt 7 og måleren i 6 m dybde i borpunkt 4 viste også høye poretrykk til å begynne med, jf. Figur 9 og Figur 10. Disse målerne ligger

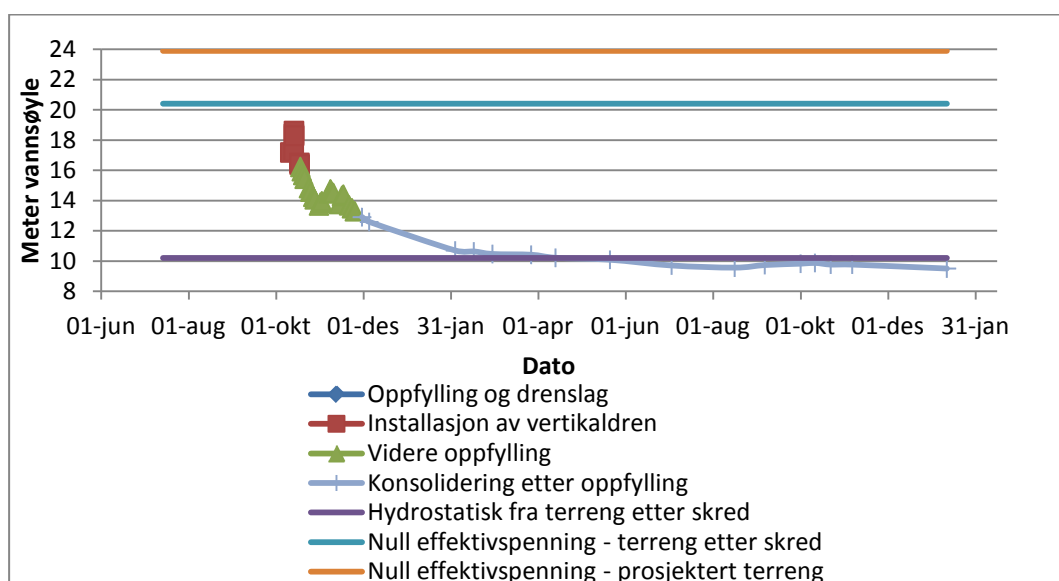
hhv. i overgangssonen til og utenfor de omrørte massene forårsaket av skredet, jf. Tegning 201.

Poretrykkskurvene viser videre at poretrykket økte som følge av installasjonen av vertikaldrenene før det relativt raskt begynte å gå ned igjen.

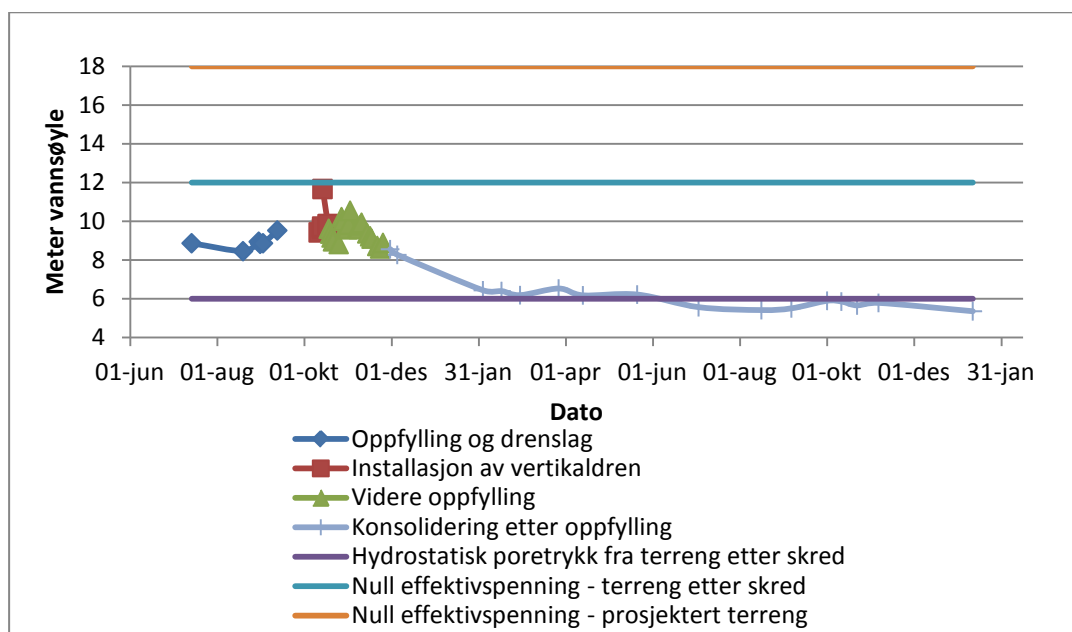
Ved utlegging av motfyllinga gikk så poretrykket betydelig opp igjen for måleren i 5 meter dybde i borpunkt 7. Måler i 10 meter dybde, borpunkt 7, og måler i 6 m dybde, borpunkt 4, responderte imidlertid ikke i så stor grad på oppfyllinga. Det siste skyldes nok at drenene virket mer effektivt rundt disse målerne som følge av at massene i liten grad hadde blitt påvirket av skredet mht. struktur og dresegenskaper. Måleren i borpunkt 7, 5 m dybde, ligger imidlertid i en sone med omrørte masser som pga. skredet har mistet sin opprinnelige struktur og blitt vesentlig tettere.



Figur 8 Poretrykksutvikling, punkt 7-5.2 m dybde (2011-2013)



Figur 9 Poretrykksutvikling, punkt 7-10.2 m dybde (2011-2013)



Figur 10 Poretrykksutvikling, punkt 4- 6.0 m dybde (2011-2013)

Den videre poretrykksutviklingen tyder på at vertikaldrenene raskt fikk virkning i massene rundt måleren i 10 meter dybde, pkt. 7, og rundt måler i 6 meter dybde, pkt. 4. Ved disse målerne gikk poretrykket ned til hydrostatisk nivå i løpet av 2-3 måneder.

Poretrykkskurvene viser at trykket gikk vesentlig saktere ned i de omrørte massene rundt måleren i 5 m dybde i pkt. 7. Her tok det om lag ett år før poretrykket var nede på hydrostatisk nivå ift. terrengnivået etter skredet pga. lavere permeabilitet i de omrørte skredmassene, jf. Figur 8.

### 5.3 Målte setninger i perioden november 2011 – juli 2012

Referansepunkter ble innmålt med GPS i november 2011 og juli 2012. Målt setning over denne perioden er vist på Tegning 101. Utstyret har anslått målenøyaktighet på +/- 20 mm vertikalt iht. ref. (6). Målingene viser at det er i området ved pkt. 7 at terrenget har satt seg mest. Punkt 7 ligger i området med oppstuede leirmasser hvor det har vært betydelig omrøring av grunnen. Her har det blitt målt opptil 20 cm setning over perioden november 2011 til juli 2012. Poretrykkskurven på Figur 8 tilsier anslagsvis 80-90 % konsolidering i løpet av denne perioden i punkt 7.

Utenfor området med oppstuede leirmasser er målte setninger betydelig mindre; opptil 5 cm. Dette har trolig sammenheng med at mektigheten av omrørte masser er begrenset og at den intakte leira er overkonsolidert. Foran fronten av skredet (oppstuede masser) er leirstrukturen etter alt å dømme upåvirket av skredet. De relativt små setningene som er målt innerst i skredgropa (rundt borpunkt 8) kan tyde på at glidningen har funnet sted langs et skjærbånd med liten tykkelse.

## 6 Endring av materialegenskaper som følge av rekonsolidering

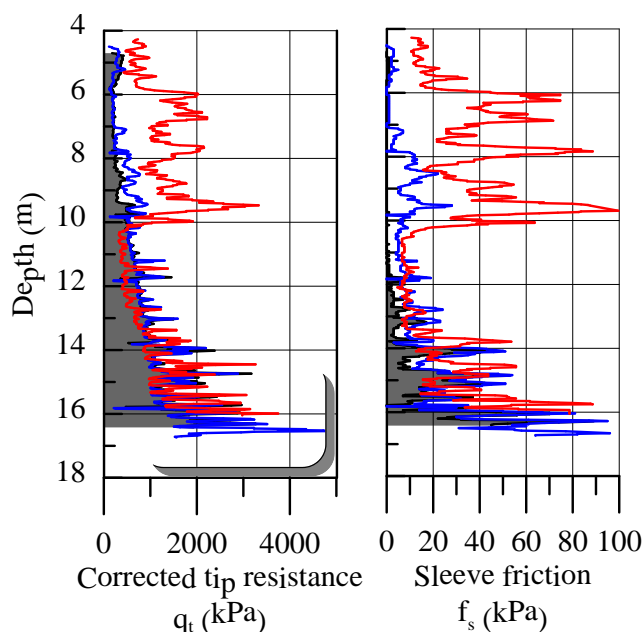
### 6.1 CPTU-sondering

#### 6.1.1 Innenfor skredgrova

I borpunkt 7 og 8, som ligger inne i skredgrova, er det i hvert av punktene utført CPTU i 3 omganger, første gang i juni/juli 2011 (like etter skredet), deretter i starten av oktober 2011 og sist i starten av oktober 2012. Over denne perioden har målinger vist stor poretrykksreduksjon, jfr. *Figur 8* og *Figur 9*. Resultatene er sammenstilt for begge borpunktene på Tegning 300 og 301.

Borpunkt 7. Den mest iøynefallende endringen som har skjedd, er at spissmotstand og sidefriksjon har økt vesentlig mellom 5 og 10 m dybde (*Figur 11*). Dette er en forventet utvikling som følge av rekonsolidering av skredmasser, jf. også snitt på Tegning 201. Spissmotstand og sidefriksjon kan tyde på en overgang fra rekonsoliderte skredmasser til intakte leirmasser ved ca. 10 m dybde (12 m ift . dagens terreng).

Fra 10-12 meter dybde er det målt noe lavere spissmotstand i oktober 2012 enn tidligere. Dette er ikke en forventet utvikling og vanskelig å forklare. Poretrykkskurven fra CPTU-sonderingen i oktober 2012 viser dårlig respons. Til tross for at nullpunktsavlesninger tilsier kvalitetsklasse 1, kan dette være målefeil. Det kan også tenkes at de rekonsoliderte massene dilaterer og påvirker metningen av sonden slik at målingene blir feil videre i dybden. Det er usannsynlig at dette skyldes en avlastningseffekt da terrenget har hevet seg pga. skredet.



*Figur 11 Sammenlikning av korrigert spissmotstand ( $q_t$ ) og sidefriksjon ( $f_s$ ) fra trykksondering utført ved borpunkt 7 mellom juni 2011 og oktober 2012.*



Borpunkt 8. CPTU-sonderingen indikerer ingen sone med rekonsoliderte masser slik som CPTU-sonderingen i borpunkt 7, jf. Tegning 301. Beliggenheten av glideflaten lar seg altså vanskelig tolke fra CPTU i dette borpunktet.

Det er ikke forboret gjennom grusmassene ved repetisjon av boringen i oktober 2012. Målingen av sidefriksjon antas å ha blitt feil på sonderingen fra oktober 2012.

### 6.1.2 Utenfor skredgropa

Det er utført CPTU-sonderinger i borpunkt 4 og 10A. Borpunkt 4 ligger i motfyllingsområdet foran foten av skredet (hvor terrenget har hevet seg). Borpunkt 10 ligger på østsida, utenfor både skredgropa og motfyllingsområdet.

Borpunkt 4. CPTU-sonderinger er utført i juni 2011 og oktober 2012. Resultatene er sammenstilt på Tegning 302. Resultatene viser noenlunde like verdier for spissmotstand og poretrykk. Det er målt vesentlig høyere sidefriksjon i oktober 2011 enn i juni 2011, men det kan være feil ved sistnevnte måling.

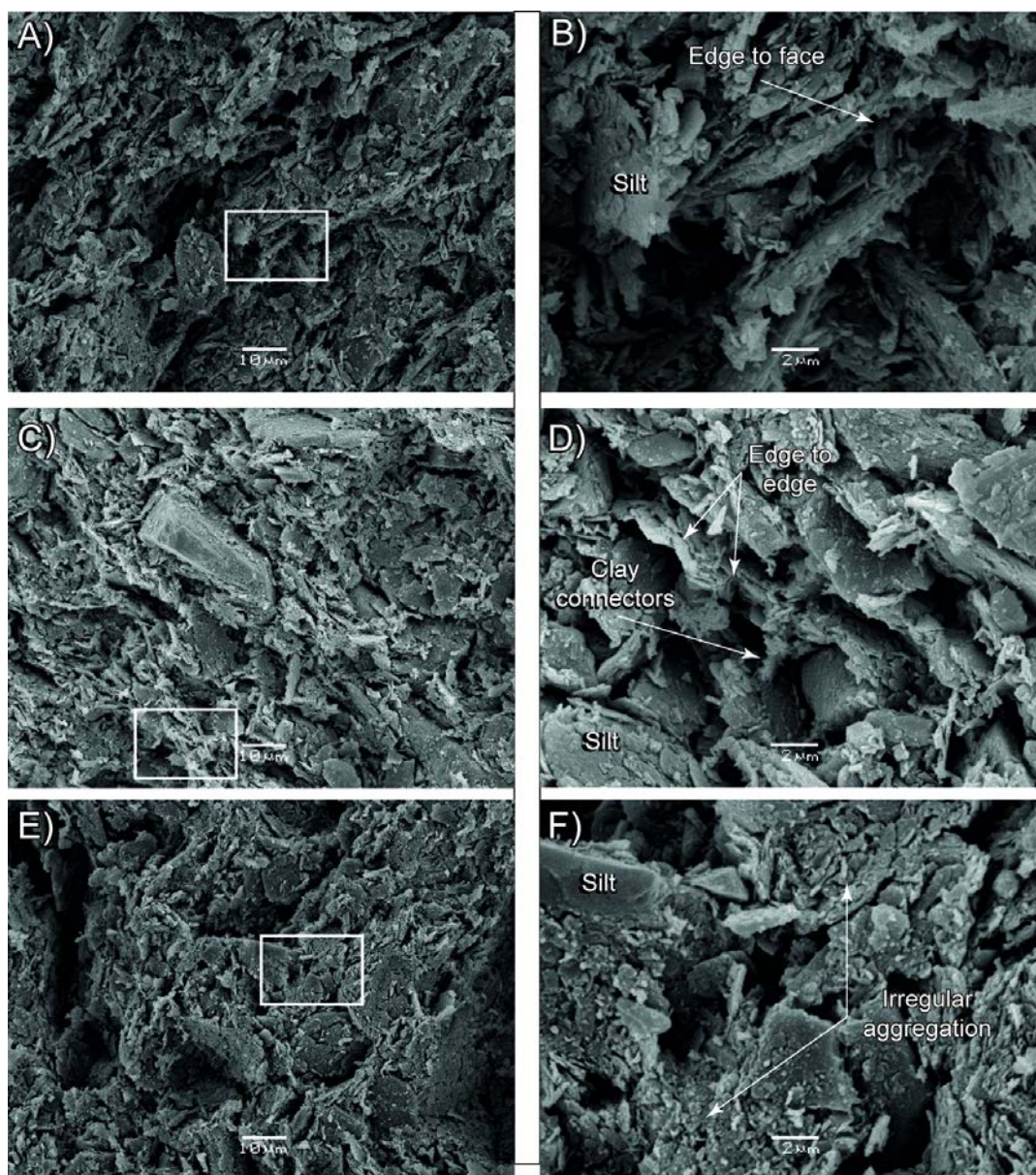
Borpunkt 10A. Borpunktet er ment å være et referansepunkt for sammenligning av grunnforholdene innenfor og utenfor skredgropa. CPTU-sonderingen er ikke repetert flere ganger, og det er kun sondert i oktober 2012. Resultatet av CPTU-sonderingen er sammenstilt med CPTU i pkt. 7 på Tegning 303. Målt spissmotstand og sidefriksjon avviker lite fra 2011-sonderingene i borpunkt 7. I sonen med antatt rekonsolidert leire i borpunkt 7 (5-10 m dybde), er det imidlertid målt vesentlig høyere spissmotstand og sidefriksjon ved sondering i oktober 2012. Sonderingene i punkt 7 og 10 indikerer noenlunde like grunnforhold under de rekonsoliderte massene.

## 6.2 Laboratorieforsøk

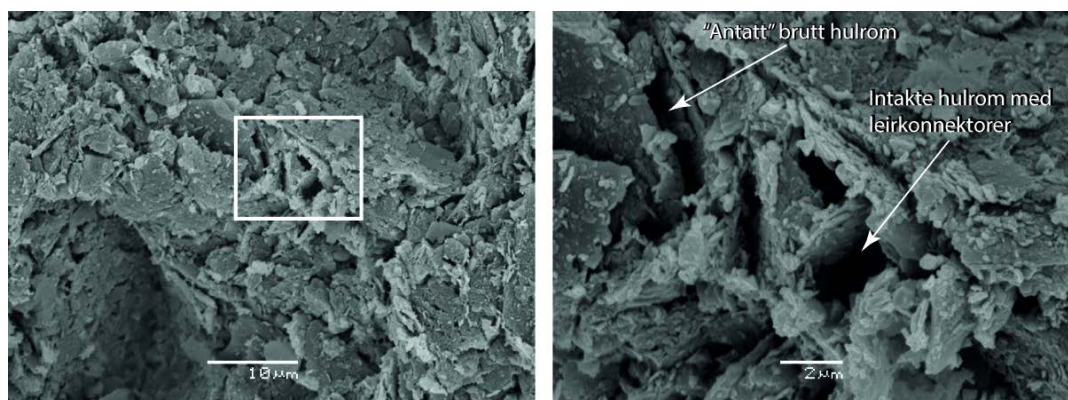
### 6.2.1 Mikroskopanalyse (SEM)

Det er tatt mikroskopbilder av prøver fra borpunkt 7 (oktober 2012) og borpunkt 10A for å sammenligne strukturen til rekonsolidert leire med inntakt leire utenfor skredgropa, jf. *Figur 12*.

Bilder av prøven fra borpunkt 10A viser en åpen struktur med kornpartikler som ligger kant til kant. En slik flokkulert og åpen struktur er typiske for kvikkleire og øvrige marine avsetninger siden leirepartikler flokkulerer under sedimentering i saltvann. Leir-bindinger kan bli observert mellom de større silt kornene på SEM - bildene. For bildene tatt fra prøvene i borpunkt 7, ser det ut som om disse leire-bindingene har brutt sammen under skredprosessen. Dette resulterer i en mer kompakt leirstruktur som følge av omrøring og rekonsolidering. SEM bildene viser likevel at mindre hulrom med leirekonnektorer fremdeles er intakte i deler av prøvene fra borepunkt 7 tatt i skjærsonen (*Figur 13*).



Figur 12 Mikrostruktur av inntakt leire fra borpkt. 10A (bilde A-D) og omrørt og rekonsolidert leire fra borpkt. 7 - 2012 (bilde E-F)



Figur 13: SEM bilder fra prøve fra borepunkt nr. 7 som viser brutt og intakte hulrom i leire fra skjærsonen.

### 6.2.2 Rutineundersøkelser

Det er utført prøvetaking i punkt 7 inne i skredgropa og i punkt 10A utenfor skredgropa (referansepunkt). I punkt 7 er prøvetaking utført både i oktober 2011 og oktober 2012. Resultatene er sammenstilt på Tegning 400 og 401.

Typiske verdier for indeksparametere for rekonsolidert leire fra borpunkt 7 (2012) er gitt i Tabell 3. I kolonnen lengst til høyre er endringen av indeksparametere som følge av omrøring og påfølgende rekonsolidering anslått.

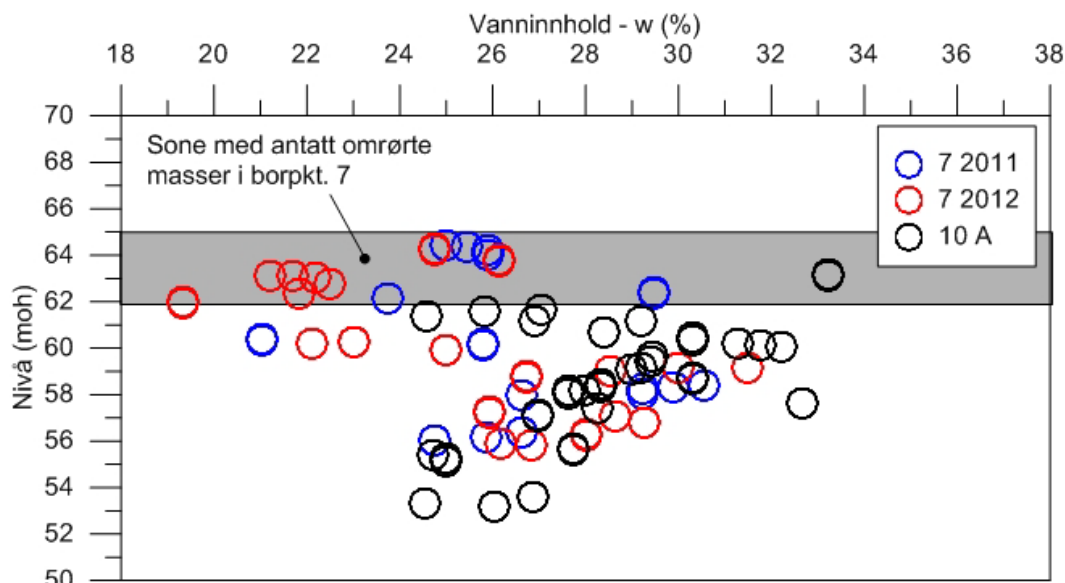
Tabell 3 Typiske indeksparametere for leire i skredgropa

(borpkt. 7 – oktober 2011-2012 – dybde 6-10 m)

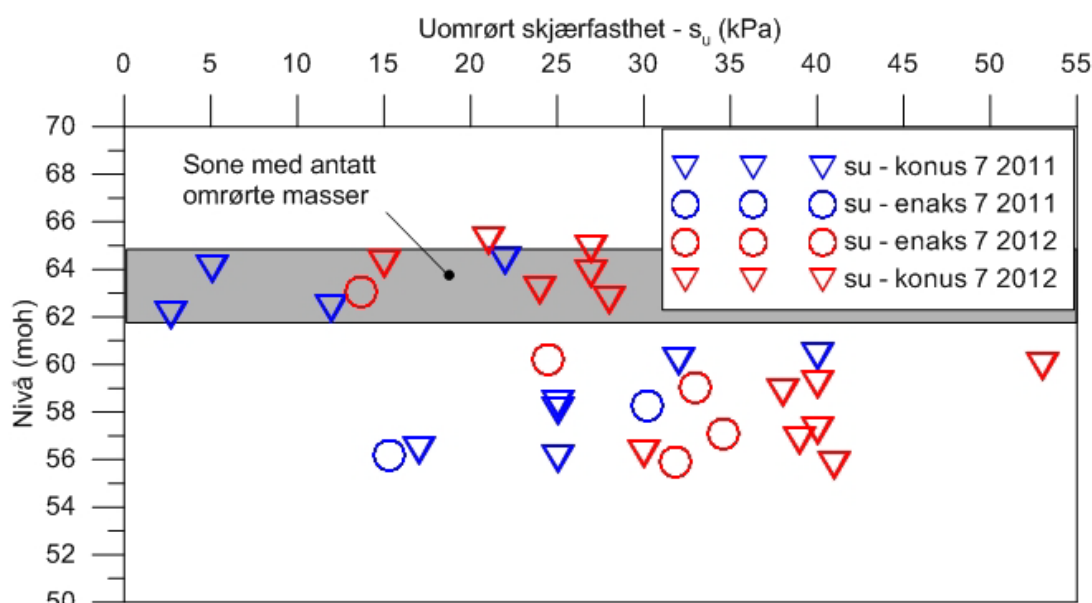
Jordparameter	Typisk variasjonsområde	Anslått endring som følge av omrøring og rekonsolidering
Vanninnhold	20-26%	-(4-8) %
Plastisitetsgrense	14-16	-(0-1) %
Flytegrense	22-25 %	-(3-4) %
Plastisitetsindeks	7-10 %	-(3-4) %
Romvekt	20,3-20,7 kN/m <sup>3</sup>	+(0,6-1,4) kN/m <sup>3</sup>
Udrenert skjærfasthet (konus og enaks)	16-28 kPa	-(4-12) kPa
Omrørt skjærfasthet (konus)	3,5-7 kPa	+(3-5) kPa
Sensitivitet	4-8	-(4-40)%

Resultatene fra rutineundersøkelsene viser at de rekonsoliderte leirmassene (borpkt. 7 – oktober 2012) har lavere vanninnhold enn leira fra samme nivå utenfor skredgropa (borpkt. 10A), jf. Figur 14. Gjennomsnittet av målinger på rekonsolidert leire ligger på ca. 22%, mens gjennomsnittet på prøver tatt utenfor skredgropa ligger på ca. 28%. Figur 14 viser også at vanninnholdet i de omrørte skredmassene fra borpunkt 7 har gått ned fra oktober 2011 til oktober 2012 (som følge av rekonsolidering).



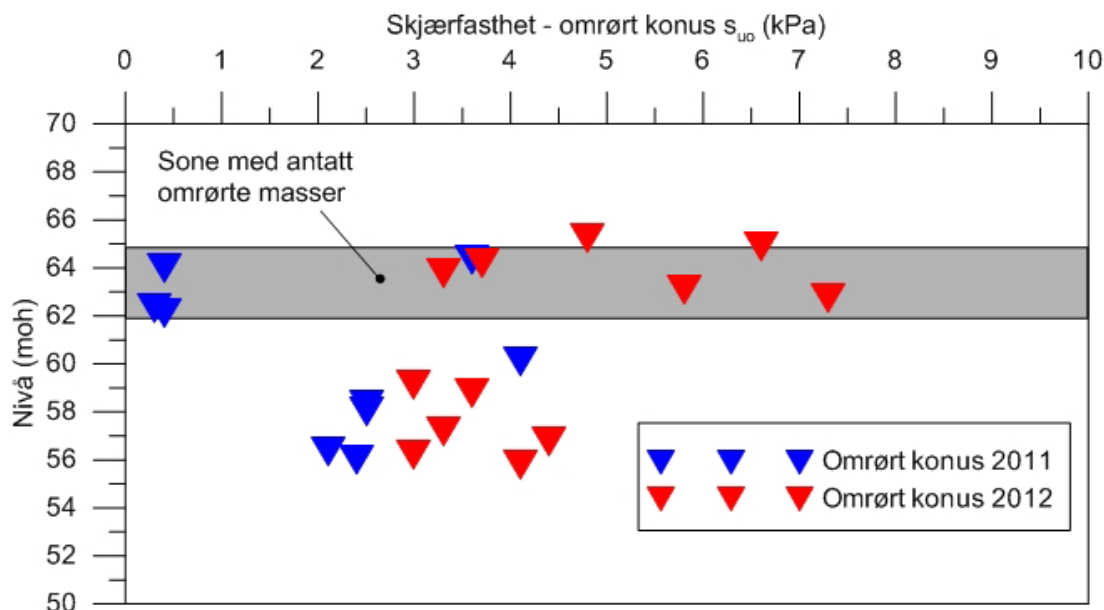


Figur 14 Vanninnhold målt i og utenfor skredgropa hhv. borpkt. 7 og 10A



Figur 15 Udrenert skjærfasthet målt i skredgropa, borpunkt 7

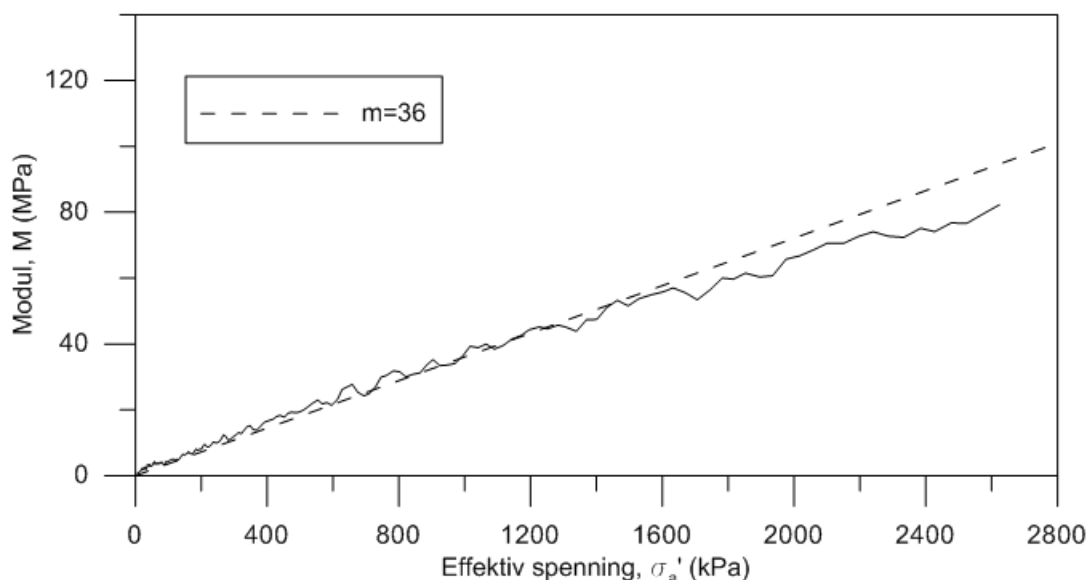
Enaksial- og konusforsøk indikerer at udrenert skjærfasthet har økt i perioden fra oktober 2011 til oktober 2012 som følge av rekonsolidering av leirmassene, jf. Figur 15. Konusforsøk på omrørte prøver indikerer en tilsvarende tendens, jf. Figur 16.



Figur 16 Omrørt skjærfasthet målt i skredgrova, borpunkt 7

### 6.3 Ødometer (CRSC)

Ødometerforsøk på prøver tatt utenfor skredgrova viser at de naturlige leiravsetningene er overkonsoliderte med en OCR verdi rundt 5-6 i 8-9 m dybde, jf. kap. 4 og Figur 6.



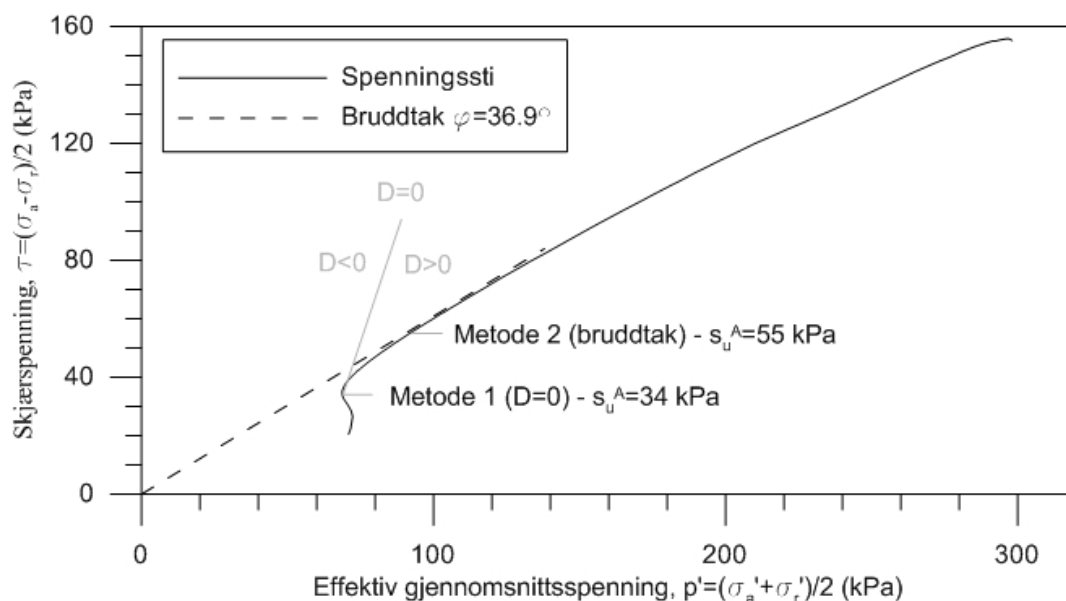
Figur 17 Ødometerforsøk på rekonsolidert leire fra borpkt. 7 (2012) –  $d=9,4m$

Ødometerforsøkene viser lavere permeabilitet for prøvene av rekonsolidert leire fra skredgrova enn for prøvene av naturlig avsatt leire tatt utenfor skredgrova (Tabell 4). Målt permeabilitetskoeffisient på prøvene av rekonsolidert leire er på  $1-5 \cdot 10^{-10}$

m/s, mens målt permeabilitetskoeffisient på prøvene av naturlig avsatt leire er ca.  $8 \cdot 10^{-10}$  m/s.

#### 6.4 Treksialforsøk (CAUC)

Utførte treksialforsøk på rekonsoliderte prøver fra borpunkt 7 viser en markert innledende kontraktans som går over i dilatans før bruddtaket nås, jf. Figur 18. Spenningskurven er vanlig for forstyrrede siltige leirprøver. Målt endring av porevolum under konsolidering ( $\Delta e/e_0$ ) indikerer dårlig prøve kvalitet for begge prøvene fra borpkt. 7, jf. Tabell 4. En slik prøve kvalitet er forventet ettersom det er tatt prøver av omrørte og delvis bløte leirmasser. Det antas derfor som mest sannsynlig at spenningskurven i Figur 18 viser riktig materialoppførsel og at "Metode 2" kan benyttes for tolkning av udrenert skjærfasthet. Det kan imidlertid ikke utelukkes at den dårlige prøve kvaliteten skyldes "virkelig prøveforstyrrelse"; dvs. prøveforstyrrelse som ikke er forårsaket av skredet, men av prøvetakingen. I så fall vil tolkning iht. "Metode 1" være riktig.



Figur 18 Treksialforsøk på rekonsolidert leire fra borpkt. 7 –  $d=8,5m$

En sammenstilling av generelle parametere tolket fra ødometer- og treksialforsøk er gitt i Tabell 4. Endring av parametere som følge av omrøring og rekonsolidering fremgår ved å sammenligne verdier fra borpunkt 7 og 10A (omrørt og rekonsolidert leire fra borpkt. 7 og opprinnelig leire fra borpkt. 10A).

Tolket friksjonsvinkel for rekonsolidert leire fra borpunkt 7 varierer fra ca. 32 - 37 grader. Tolket friksjonsvinkel kan synes å ligge noe høyere for rekonsolidert leire fra skredgropa enn for naturlig avsatt leire som er upåvirket av skred.

Treksialforsøkene er også tolket mht. aktiv, udrenert skjærfasthet ( $s_u^A$ ). Tolket skjærfasthet normalisert mht. aktuelt effektivspenningsnivå er benyttet som referanseparameter.

Tabell 4 Sammenstilling av tolkede parametere fra ødometer- og treksialforsøk

Identifikasjon					Ødometer			Treksialforsøk					
Borpunkt og ID	Dybde (m) - treks.	Effektivspenning (kPa) - treks.	Vanninnhold w (%) - treks.	$\Delta e/e_0$ - treks.	OCR	Permeabilitet - k (m/s)	Modulfall - m	$\phi$ (a=0)	$\phi$ (a=10)	$s_u^A/p_0^*$		$\alpha^*$ (m=0,6)	
										Metode 1		Metode 2	
7 (3C1)	8,5	98	21,8	0,087	1**	-	-	36,5	32,1	0,35	0,35	0,51	0,51
7 (4C1)	9,6	112	21,0	0,074	1	$2 \cdot 10^{-10}$	36	36,5	32,5	0,35	0,35	0,50	0,50
10A (4A1)	6,5	38	28,3	0,07	-	$8 \cdot 10^{-10}$	23	36,6	29,4	-	-	0,74	-
10A (6A1)	8,5	49	27,7	0,024	5,6	$9 \cdot 10^{-10}$	19	34,8	30	-	-	0,82	0,29

\*  $\alpha = s_u^A / (p_0 \cdot OCR^{0,6})$

\*\* Antatt verdi

Det er funnet høyere verdier for normalisert skjærfasthet ved forsøk på prøver av naturlig avsatt leire utenfor skredgropa enn ved forsøk på prøver av rekonsolidert leire fra skredgropa. Dette skyldes at den naturlige leira utenfor skredgropa er overkonsolidert, mens leira inne i skredgropa er omrørt og har mistet sin opprinnelige struktur og fasthet. Utførte treksialforsøk tyder på at det kan regnes med verdier for normalisert skjærfasthet som ligger mellom 0,35 og 0,5 for den rekonsoliderte leira fra skredgropa. Dette er verdier som ligger over det typiske variasjonsområdet for naturlig avsatte leirer som ikke er overkonsolidert (0,28-0,32), jf. ref. (7).

Utførte treksialforsøk og CPTU-sonderinger indikerer en mer utpreget dilatant materialoppførsel for den rekonsoliderte leira fra skredgropa sammenlignet med leira utenfor skredgropa. Isolert sett tilsier disse undersøkelsene at det kan være aktuelt å modellere materialet med drenerte effektivspenningsparametere i stabilitetsberegninger. Materialoppførselen må imidlertid også vurderes i forhold til effekt av mulig prøveforstyrrelse, lastbetingelser, rekonsolideringsgrad og muligheten for at det finnes soner i skredmassene som oppfører seg kontraktant ved tilleggsbelastning. Lignende undersøkelser vil i fremtiden kunne gi et bedre statistisk grunnlag for vurdering av materialoppførselen til rekonsolidert leire.

## 7 Diskusjon og konklusjon

Resultater fra undersøkelser ved Døla-skredet viser at dissipasjon av poreovertrykk og konsolidering går saktere i omrørte masser enn i omkringlignende, intakte leiravsetninger. Hovedgrunnen til dette skyldes forandring av mikrostrukturen under omrøringsprosessen som igjen fører til lavere porøsitet og permeabilitet. Selv om det er installert vertikaldren i skredgropa ved Døla, har det tatt over ett år før poretrykket har stabilisert seg på hydrostatisk nivå i de omrørte massene. Dimensjoneringsregler for vertikaldren basert på Hansbo, ref. (8), tilsier at med en

så lang konsolideringstid må omrørt sone rundt hvert dren ha en diameter som er omtrent like stor som installert senteravstand mellom drenene. Det siste bekrefter at leirmassene har blitt fullstendig omrørt som følge av skredet da selve installasjonen av vertikaldren under normale forhold vil gi en langt mindre omrørt sone. I forbindelse med planlegging og prosjektering etter skredhendelser må det derfor tas hensyn til at rekonsolidering kan ta lang tid, selv for tynne omrørte soner. Selv om det i dette tilfellet ble installert vertikaldren, tok det et helt år før poretrykket stabiliserte seg på hydrostatisk nivå i de omrørte massene.

Boringer utført i skjærsonen til skredet ved Døla indikerer at omrørt sone varierer i tykkelse. I borpunkt 7, som ligger i foten av skredet, indikerer CPTU og prøvetaking ca. 3 meter mektighet av omrørt materiale. Ved borpunkt 8, som ligger omtrent midt i skredet, er det imidlertid vanskelig å identifisere noen omrørt sone ved tolkning av CPTU. Utførte setningsmålinger viser at terrenget har satt seg mest i området rund borpunkt 7, opptil ca. 20 cm. Det anslås en konsolideringsgrad på ca. 80% i perioden det ble målt setninger, og det antas et elastisk setningsbidrag fra originale leirmasser under skredet på ca. 5 cm. Dette tilsier at det totale setningsbidraget som følge av rekonsolidering er ca. 20 cm. Et setningsoverslag basert på 3 meter mektighet av setningsgivende lag gir 20 cm setning for en reduksjon av vanninnholdet på ca. 4 %. En reduksjon av vanninnholdet på 4 % stemmer godt overens med utførte målinger av vanninnhold før og etter rekonsolidering i borpunkt 7. Rundt borpunkt 8 har terrenget satt seg mindre. Her er det målt 0-5 cm setning. Det siste indikerer at det i liten grad har påløpt konsolideringssetninger ved borpunkt 8 og at mektigheten av omrørt sone derfor må være liten (tynt skjærbånd).

Den opprinnelige strukturen blir brutt når jordmasser settes i bevegelse under et skred. Etter skredet forventes de materialtekniske egenskapene å ha endret seg som følge av tøyninger og strukturforandringer. Endringene forventes i stor grad å være bestemt av tøyingsnivået (omrøringsgraden). Tøyingsnivået vil variere innenfor skredgropa. De største tøyningene forventes innenfor skjærsonen / glideplanet og der hvor det forøvrig er relativbevegelse i jordmassene. Relativbevegelsene har sammenheng med den aktuelle bruddmekanismen. Ved et klassisk rotasjonsskred, som er en kinematisk kompatibel bruddform, vil i prinsippet all relativbevegelse / omrøring foregå langs glideflaten. Massene som ligger utenfor glideflaten / omrørt sone vil i mange tilfeller kunne opprettholde sin struktur uten vesentlig endring av materialtekniske egenskaper. For sammensatte glideflater, som er kinematisk inkompatible, vil det nødvendigvis også oppstå relativbevegelse og strukturforandring langs interne bruddsoner over glideflata (sekundærbrudd). De utførte undersøkelsene i skredgropa ved Døla indikerer uregelmessige forhold med varierende mektighet av omrørt sone. Videre viser undersøkelsene at grunnen er lagdelt. Det anses derfor som sannsynlig at deler av skjærflaten har fulgt et sensitivt leirlag. Den egentlige bruddformen kan derfor være en sammensatt glideflate selv om de ytre kjennetegnene indikerer en rotasjonsglidning.

Under rekonsolideringprosessen har vanninnholdet i den omrørte leira blitt redusert, mens tettheten har økt. Resultater fra CPTU, konus- og enaksialforsøk viser at



udrenert skjærfasthet har økt som følge av rekonsolidering. I forbindelse med planlegging av sikringstiltakene ved Døla ble det tatt hensyn til en forventet fasthetsøkning som følge av rekonsolidering. Ved prosjektering ble det forutsatt hydrostatisk poretrykk og en relasjon mellom udrenert skjærfasthet og effektivspenning som er typisk for normalkonsolidert leire (dvs.  $s_u^A/p_0' = 0,28-0,32$ ). Resultater fra utførte treaksialforsøk på rekonsolidert leire indikerer i ettertid at udrenert skjærfasthet ( $s_{ua}/p_0'$ ) har blitt noe høyere enn tidligere forutsatt (dvs.  $s_u^A/p_0' = 0,35-0,50$ ). Tolket friksjonsvinkel fra treaksialforsøkene utført på rekonsolidert leire fra borpkt. 7 varierer fra ca. 32 - 37 grader. Tolket friksjonsvinkel synes å ligge noe høyere for rekonsolidert leire fra skredgropa enn for naturlig avsatt leire som er upåvirket av skred.

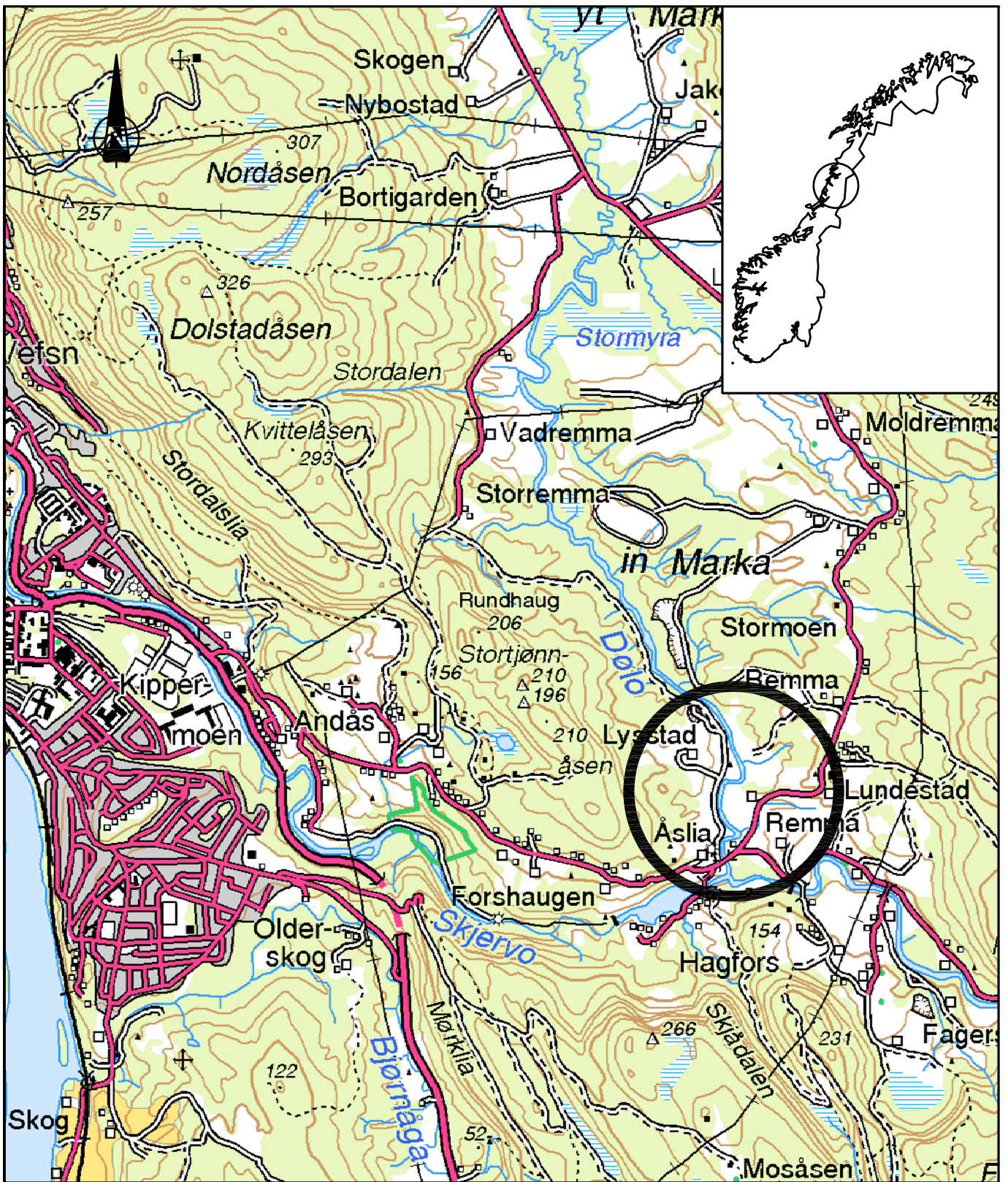
Utførte treaksialforsøk og CPTU-sonderinger viser at den rekonsoliderte leira fra skredgropa dilaterer ved påføring av økt skjærspenning. Isolert sett tilsier disse undersøkelsene at det kan være aktuelt å modellere materialet med drenerte effektivspenningsparametere i stabilitetsberegninger. Materialoppførselen må imidlertid også vurderes i forhold til effekt av mulig prøveforstyrrelse, lastbetingelser, rekonsolideringsgrad og muligheten for at det finnes soner i skredmassene som oppfører seg kontraktant for en gitt tilleggsbelastning.


Ved planlegging av sikringstiltak, vil det som regel være en utfordring for geoteknikere å karakterisere den fremtidige utviklingen av materialeegenskapene til omrørte leirmasser for bruk i stabilitetsberegninger. Felt- og laboratorieundersøkelser ved Døla indikerer at det er konservativt å bruke relasjoner mellom udrenert skjærfasthet og effektivspenning som er typisk for normalkonsolidert leire. Det er viktig å poengtere at rekonsolideringstiden kan variere mye fra sted til sted, og at den generelt er avhengig av: i) leiras geotekniske egenskaper, ii) stratigrafi, iii) tykkelsen av omrørte sone, iv) skråningsgeometri / grunnvannsforhold og v) eventuell bruk av dreneringstiltak (for eksempel vertikaldrenering). Det er viktig å ta tilstrekkelig hensyn til at redusert permeabilitet som følge av omrøring kan medføre at rekonsolidering tar lang tid.

Lignende undersøkelser ifm. fremtidige skredhendelser vil kunne gi et bedre statistisk grunnlag for bestemmelse av materialeegenskapene til rekonsolidert leire. Etter at rekonsolideringsprosessen er fullført, antas det at udrenert skjærfasthet vil fortsette å øke som følge av aldring og elektrokjemiske prosesser. Dette er trolig prosesser som foregår over lang tid, noe som bør undersøkes nærmere i fremtiden.

## 8 Referanser









1. **NGI.** 20120853-01-TN, *Laboratorierapport*. Rev. 1, 2013-01-04 (også publisert på [www.naturfare.no](http://www.naturfare.no)).
2. **Meteorologisk institutt.** *Nettside - "eKlima"* (<http://sharki.oslo.dnmi.no/portal>). 2013.
3. **Norges vassdrags- og energidirektorat, Meteorologisk institutt, Statens karverk, Norges forskningsråd.** *Nettside - "seNorge.no"* (<http://www.senorge.no/>). 2013.
4. **L'Heureux J.S., Mohold, R., Gjelsvik, V., Lyche, E.** *Behaviour of shear zone in sensitive clay and its evolution during consolidation*. Proceedings of the 1st International Workshop on Landslides in Sensitive Clays (IWLSC), Quebec, Canada : s.n., 2013.
5. **Ladd, C.C., et. al.** *Stress-deformation and strength characteristics. State-of-the-art report. Proc. 9th International Conference on Soil Mechanics and Foundation Engineering, Tokyo 1977, Vol. 2, pp. 421-494.* 1977.
6. **NVE.** *Notat. "Innmåling av pounkter på fylling mot Døla ved Lundestad - registrering av setninger mellom 11.11.2011 og 03.07.2012.* 2012-07-02.
7. **Karlsrud, K., et al.** *CPTU correlations for clays.* International Conference on Soil Mechanics and Foundation Engineering, 16. Osaka 2005. Proceedings, Vol. 2, pp. 693-702. : s.n., 2005.
8. **S., Hansbo.** *Jordforstærkning. Chalmers tekniske høyskole. Gøteborg 1990.*
9. **Karlsrud, K.** *Stabilitetsanalyser av skråninger, skjæringer og fyllinger. Skjærstyrkeegenskaper av leire og bruk i stabilitetsanalyser (4.2).* Kurs Norsk Geoteknisk Forening, Hell 2003. Foredrag 4.2. NGI rapport 20021633-2 : s.n., 2003.

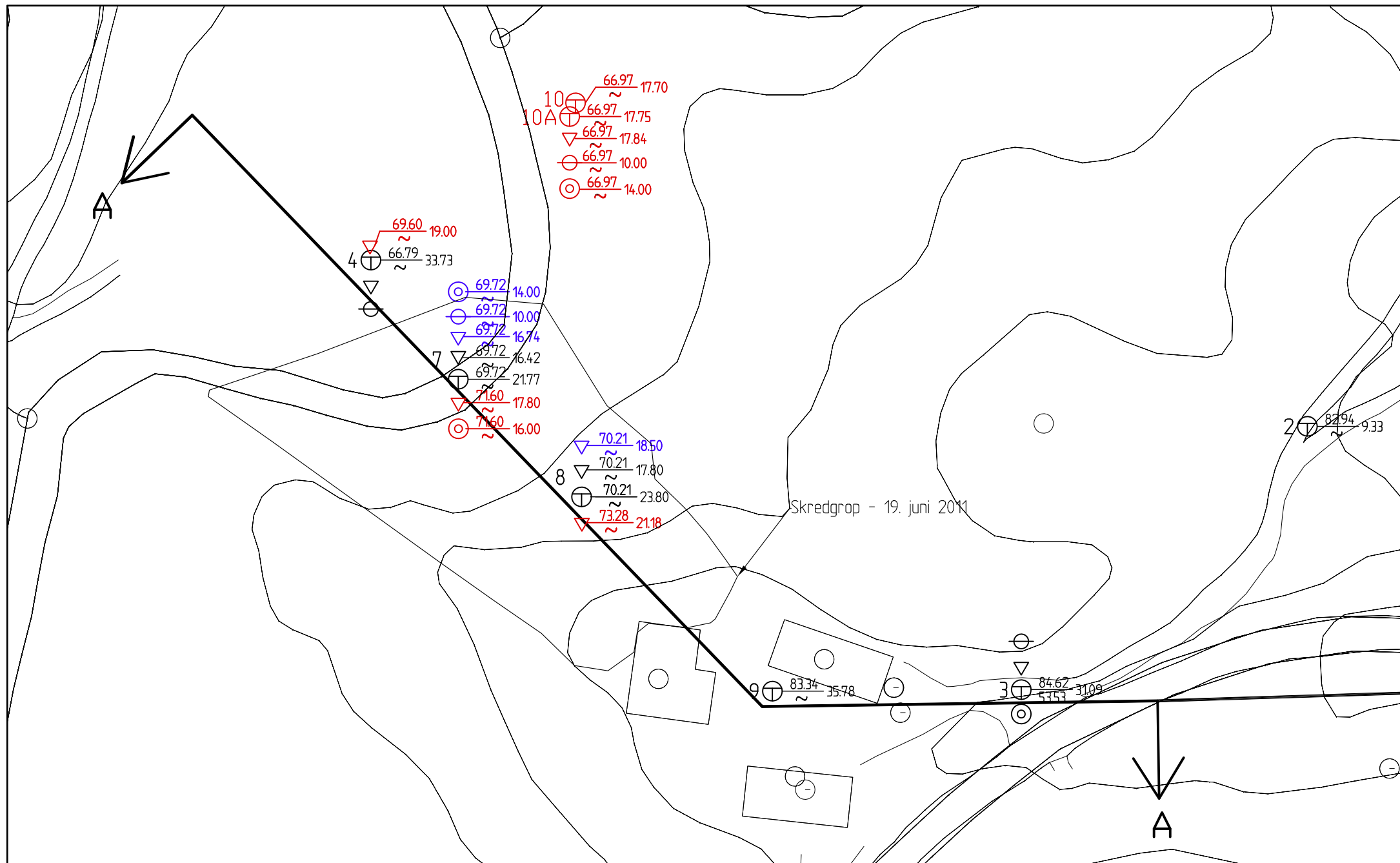



<b>NVE, NFR og NIFS</b> <b>LEIRSKRED DØLA, MOSJØEN</b> Oversiktskart	Status		 <b>NGI</b>	
	Original format A-4			
Oversiktskart	Tegningens filnavn Oversiktskart_forskningsrapport.dwg		Målestokk <b>1:50000</b>	
	Målestokk			
NGI Sognsveien 72 - PO Box 3930 Ullevål Stadion NO-0806 Oslo, Norway T: (+47) 22 02 30 00 F: (+47) 22 23 04 48 www.ngi.no	Dato 28.01.2013	Konstr./Tegnet RMO	Kontrollert JSL	Godkjent RMO
	Oppdragsnr. <b>20120166</b>	Tegningsnr. <b>001</b>	Rev.	



### Tegnforklaring:

-  Boringer - oktober 2012
-  Boringer - oktober 2012
-  Boringer - oktober 2011
-  Boringer - oktober 2011
-  Boringer - juni 2011
-  Boringer - juni 2011
-  Boringer - juni 2011
-  Boringer - juni 2011

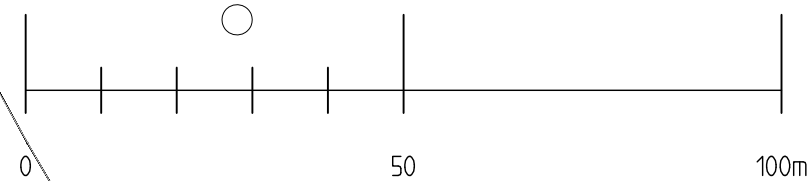
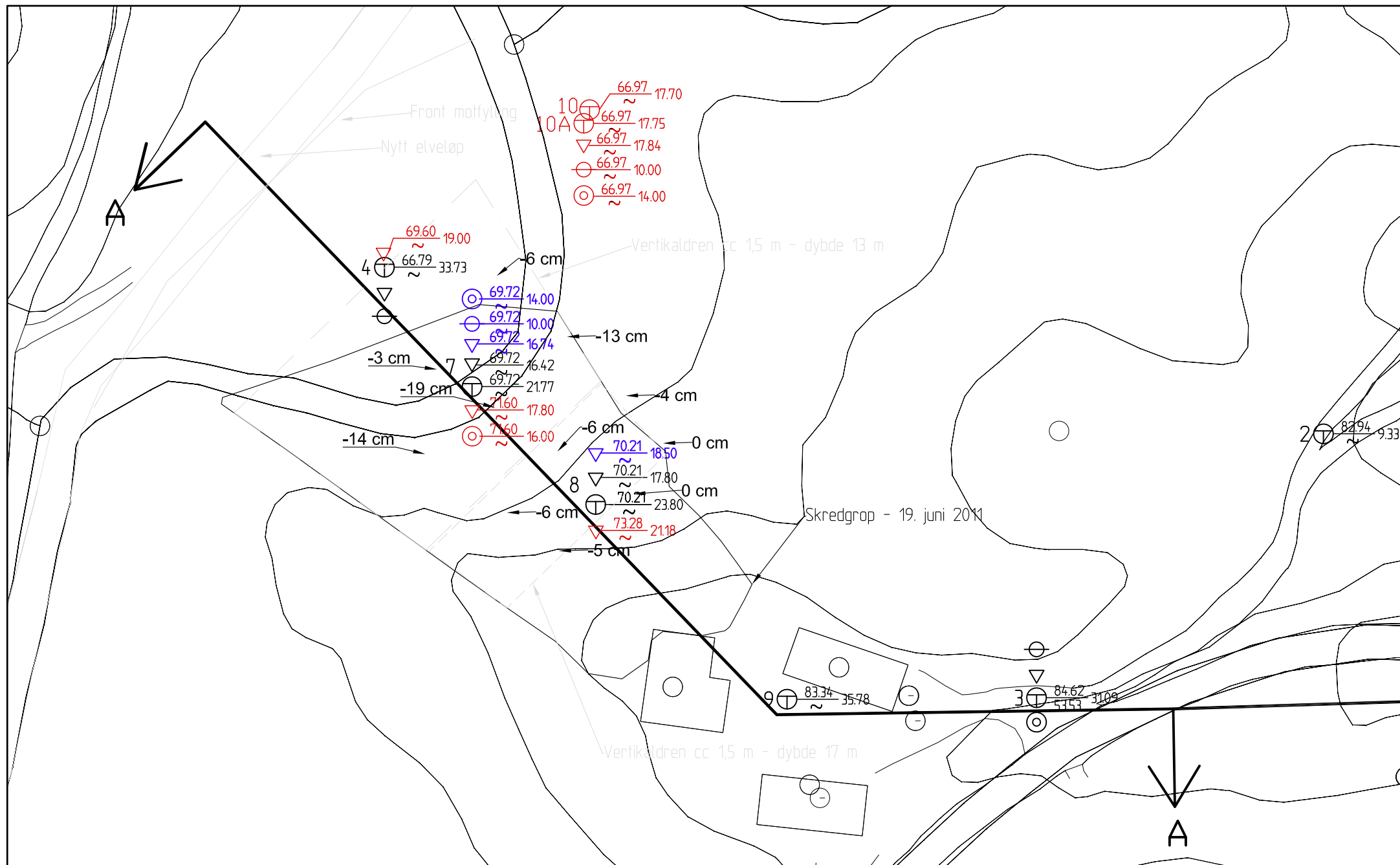


Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Konfr.	Godkj.
-	-	-	-	-	-
<b>NVE, NFR og NIFS</b> <b>LEIRSKRED DØLA, MOSJØEN</b>		Status - Original format A-3 Tegningens filnavn Borplan - forskningsrapport.dwg		Målestokk 1:1000 	
Plan grunnboringer Boringer - juni 2011 (svarte borsymboler) Boringer - oktober 2011 (gule borsymboler) Boringer - oktober 2012 (røde borsymboler)		Dato 2013-01-28	Konstr./Tegnet RMo	Kontrollert JSL	Godkjent RMo
NGI Sognsveien 72 - PO Box 3930 Ullevål Stadion NO-0806 Oslo, Norway T: (+47) 22 02 30 00 F: (+47) 22 23 04 48 www.ngi.no		Oppdragsnr. 20120166	Tegningsnr. 100	Rev. -	

### Tegnforklaring:

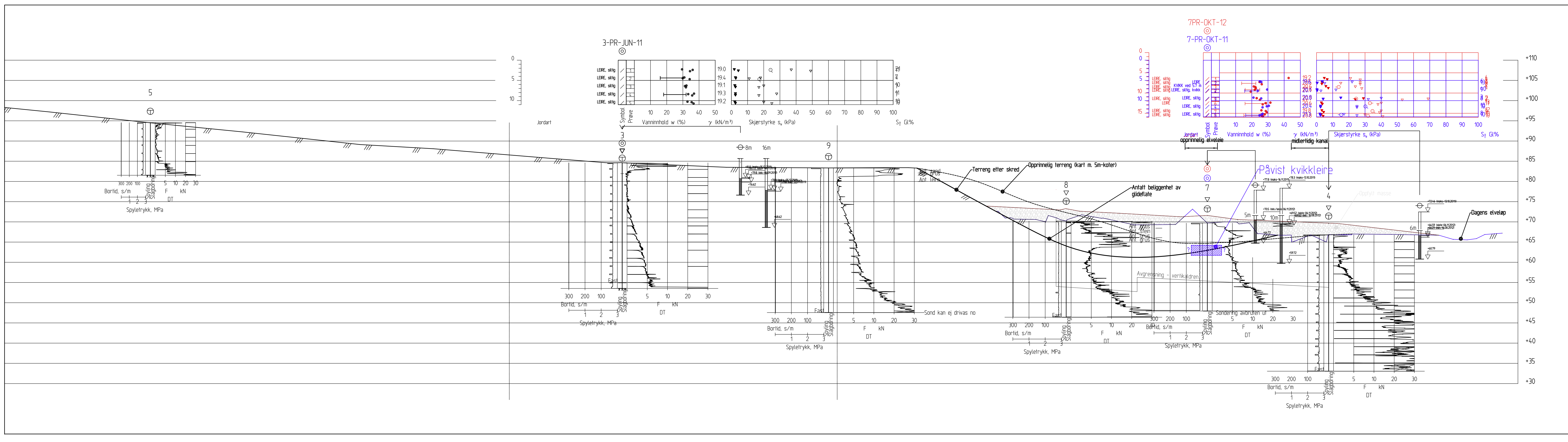
- ⊙ Boringer - oktober 2012
- ⊖ Boringer - oktober 2011
- ⊕ Boringer - juni 2011

← x cm Målt setning fra 2011-11-11 til 2012-07-03



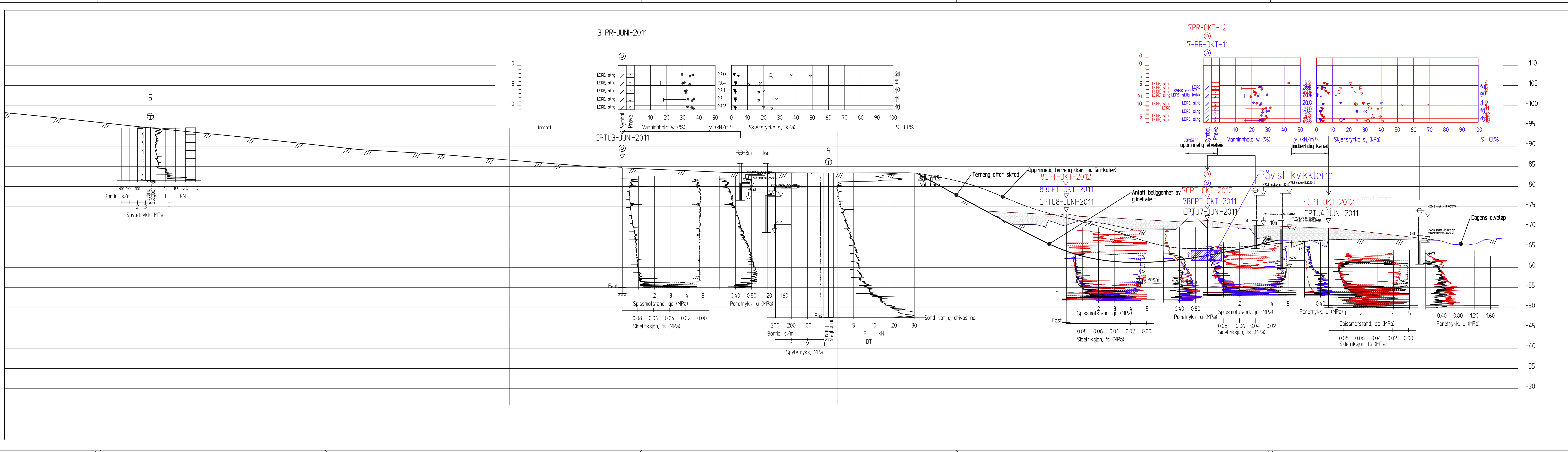
Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
<b>NVE, NFR og NIFS</b> <b>LEIRSKRED DØLA, MOSJØEN</b>		Status		-	
		Original format		A-3	
		Tegningens filnavn		Borplan - forskningsrapport.dwg	
Plan grunnboringer Setninger i skredgropa Målt over perioden fra 11. november 2011 til 3. juli 2012		Målestokk	1:1000		
NGI Sognsveien 72 - PO Box 3930 Ullevål Stadion NO-0806 Oslo, Norway T: (+47) 22 02 30 00 F: (+47) 22 23 04 48 www.ngi.no		Dato	Konstr./Tegnet	Kontrollert	Godkjent
		2013-01-28	RMo	JSL	RMo
		Oppdragsnr.	Tegningsnr.	Rev.	
		20120166	101		





- Tegnforklaring:**
- Boringer - oktober 2012
  - Boringer - oktober 2011
  - Boringer - juni 2011

Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
<b>NVE, NFR og NIFS</b> <b>LEIRSKRED DØLA, MOSJØEN</b> Profil A-A, Totalsonderinger		Original format A-3LL Tegningens filnavn Profil A - forskningsrapport.dwg Målestokk <b>1400</b>			
NGI Sognsveien 72 - PO Box 3930 Ullevål Stadion NO-0806 Oslo, Norway T: (+47) 22 02 30 00 F: (+47) 22 23 04 48 www.ngi.no		Dato 28.01.2013 Oppdragsnr.: <b>20120166</b>	Konstr./Tegnet RMo Tegningsnr.: <b>200</b>	Kontrollert JSL Rev.	Godkjent RMo



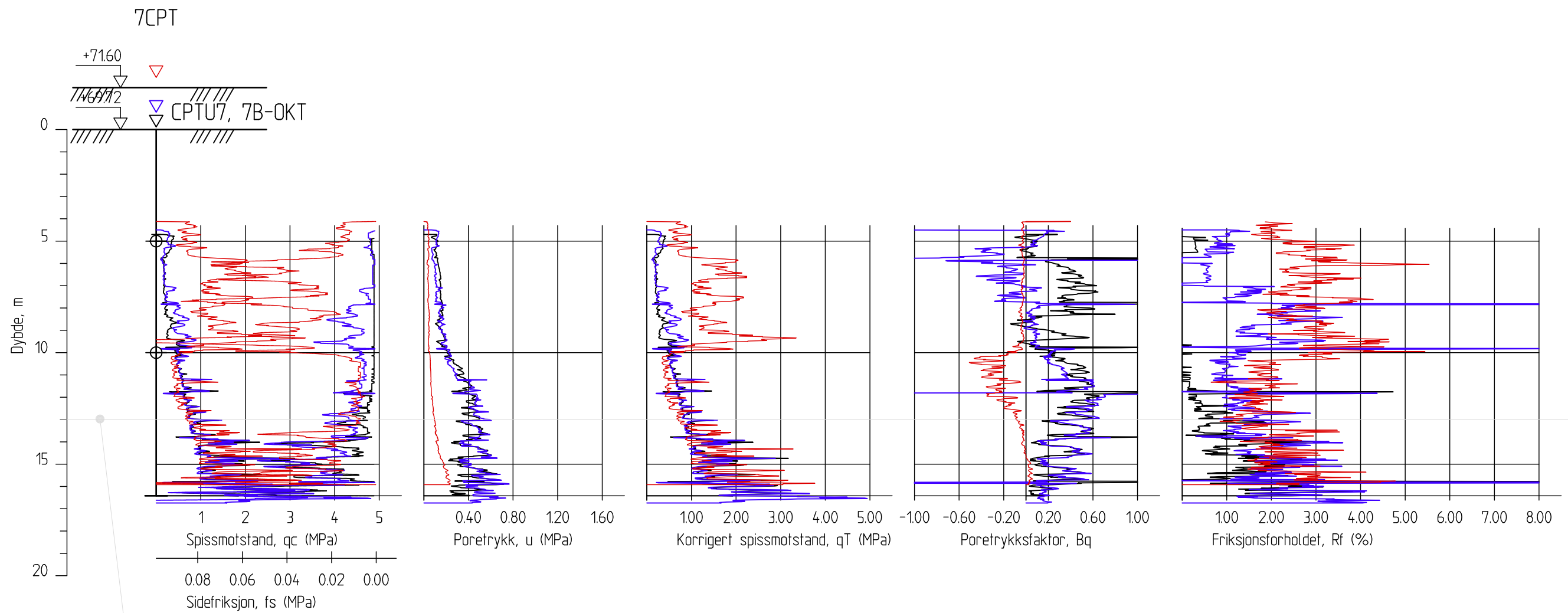
Tegnforklaring:

- Boringer - oktober 2012
- Boringer - oktober 2011
- Boringer - juni 2011

Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
	NVE, NFR og NIFS LEIRSKRED DØLA, MOSJØEN	28.01.2013	RMo	JSL	RMo
	Profil A-A, CPTU-sonderinger	Oppdragsnr:	Tegningsnr:		
		20120166			
				1400	

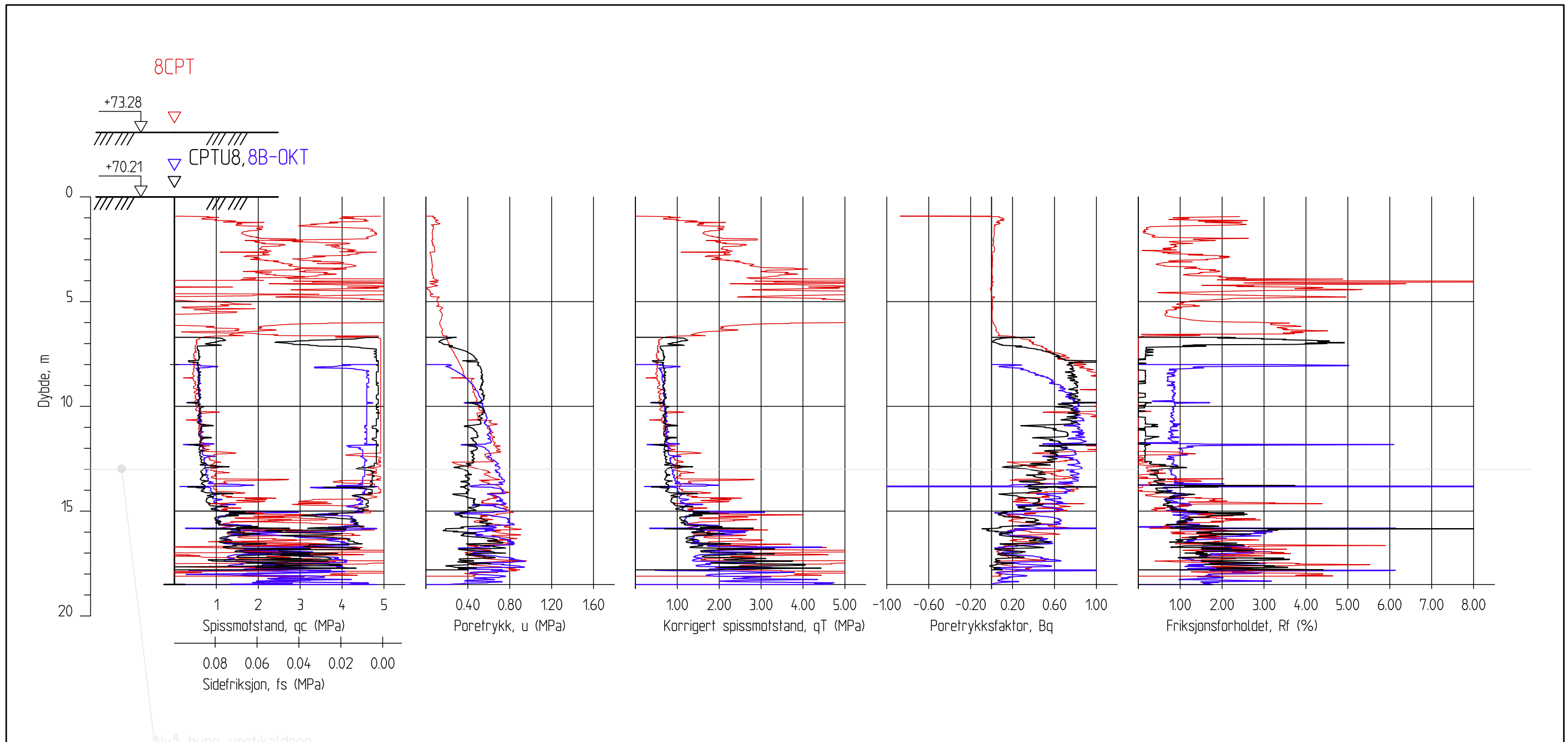






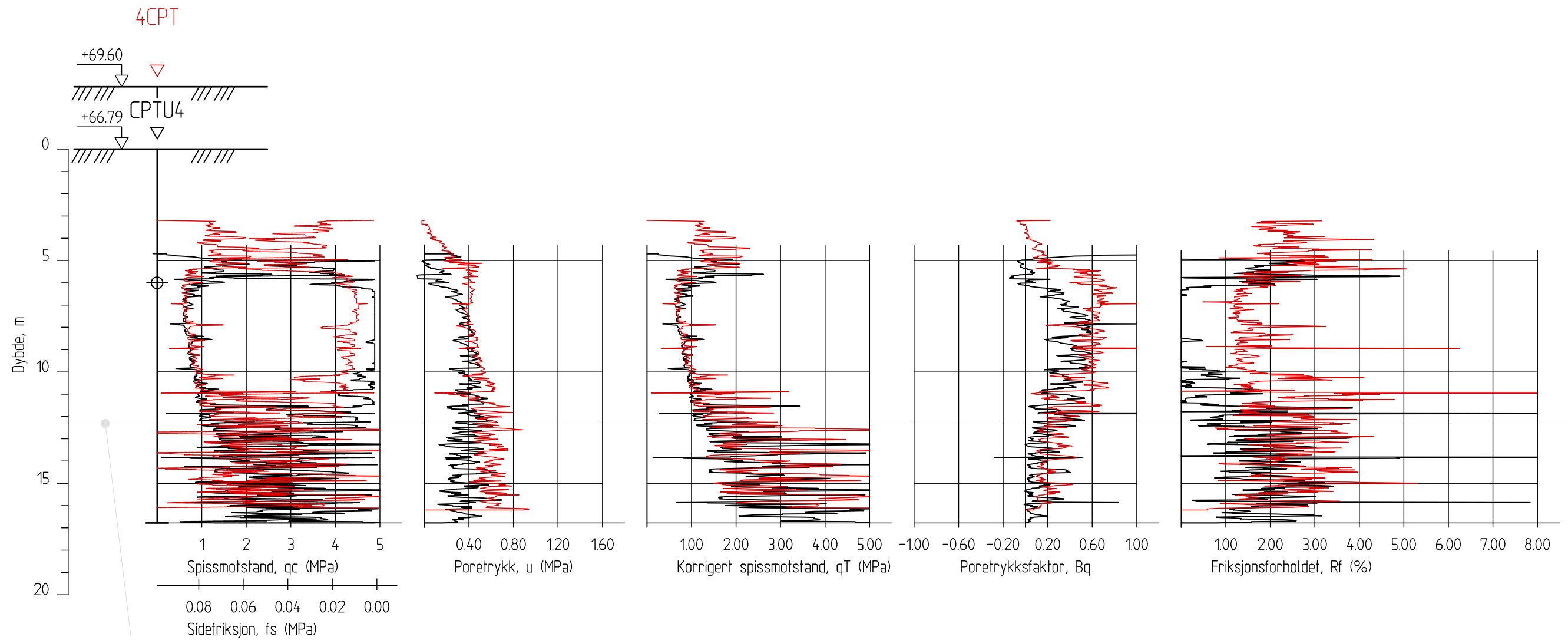
-	-	-	-	-	-
Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
	NVE, NFR OG NIFS LEIRSKRED DØLA, MOSJØEN	Status -			
		Original format A-3			
	CPTU-sonderinger, borpunkt nr. 7 Svart kurve - juni 2011 Blå kurve - oktober 2011 Rød kurve - oktober 2012	Tegningens filnavn cptu - sammenligning.dwg			
		Målestokk 1:200			
	NGI Sognsveien 72 - PO Box 3930 Ullevål Stadion NO-0806 Oslo, Norway T: (+47) 22 02 30 00 F: (+47) 22 23 04 48 www.ngi.no	Dato 2013-01-28	Konstr./Tegnet RMo	Kontrollert JSL	Godkjent RMo
		Oppdragsnr. 20120166	Tegningsnr. 300	Rev.	-




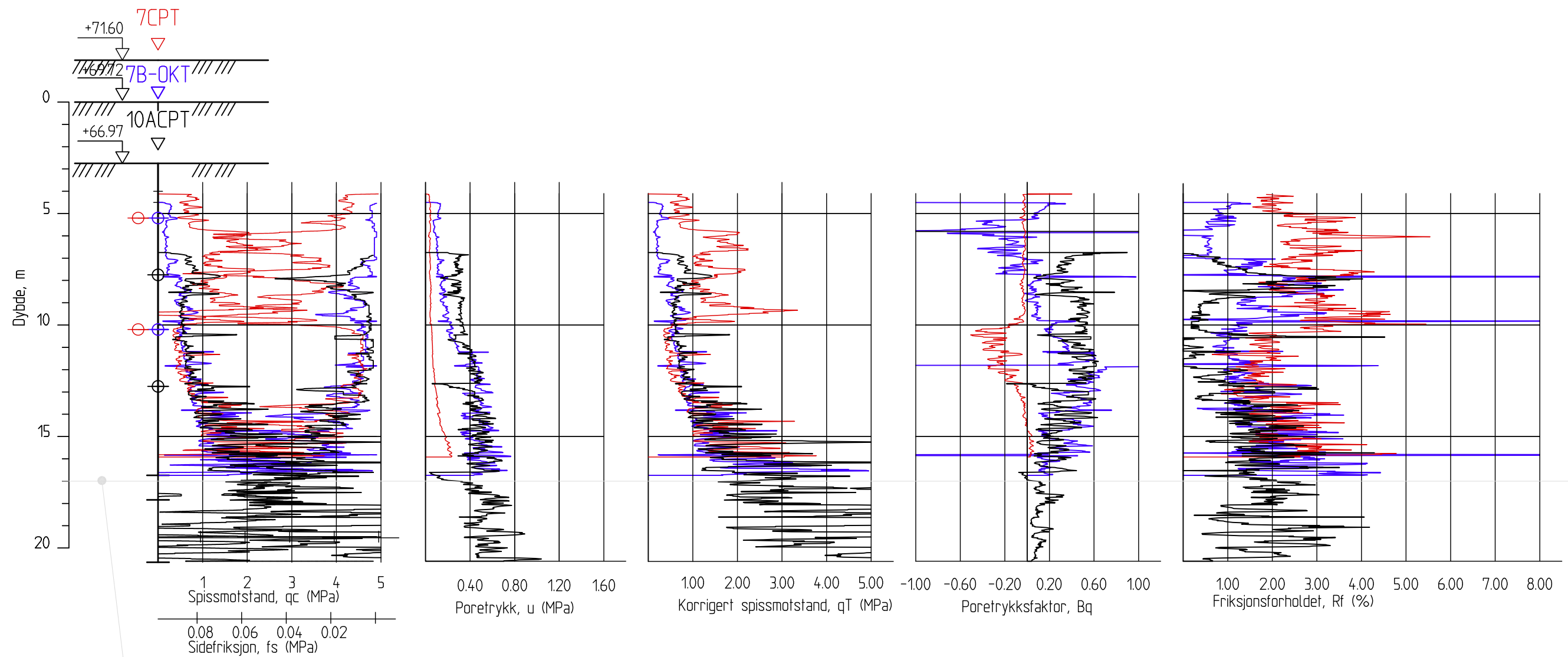


Nvå bunn vertikaldren

Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
		Status			
		-			
		Original format			
		A-3			
		Tegningens filnavn			
		cptu - sammenligning.dwg			
		Målestokk	NGI		
		1:200			
<b>NVE, NFR OG NIFS</b> <b>LEIRSKRED DØLA, MOSJØEN</b>		Dato	Konstr./Tegnet	Kontrollert	Godkjent
		2013-01-28	RMo	JSL	RMo
CPTU-sonderinger, borpunkt nr. 8 Svart kurve - juni 2011 Blå kurve - oktober 2011 Rød kurve - oktober 2012		Oppdragsnr.	Tegningsnr.	Rev.	
NGI Sognsveien 72 - PO Box 3930 Ullevål Stadion NO-0806 Oslo, Norway T: (+47) 22 02 30 00 F: (+47) 22 23 04 48 www.ngi.no		20120166	301	-	

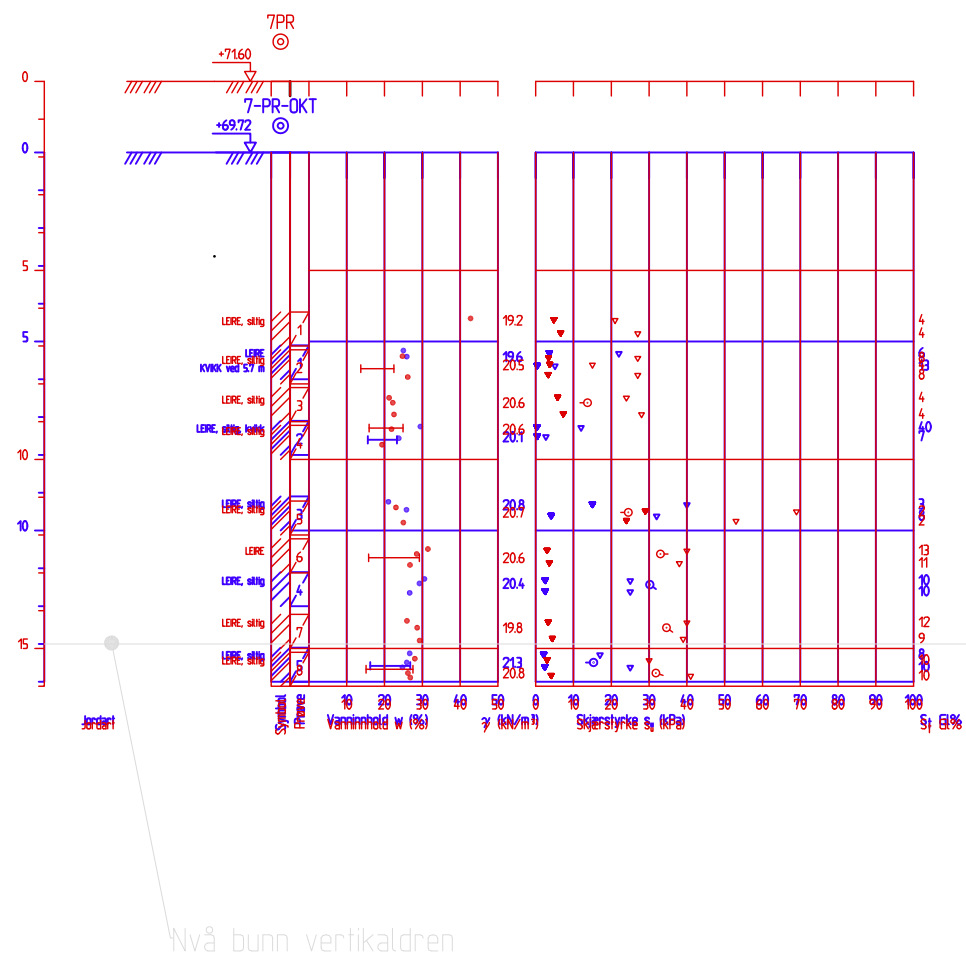
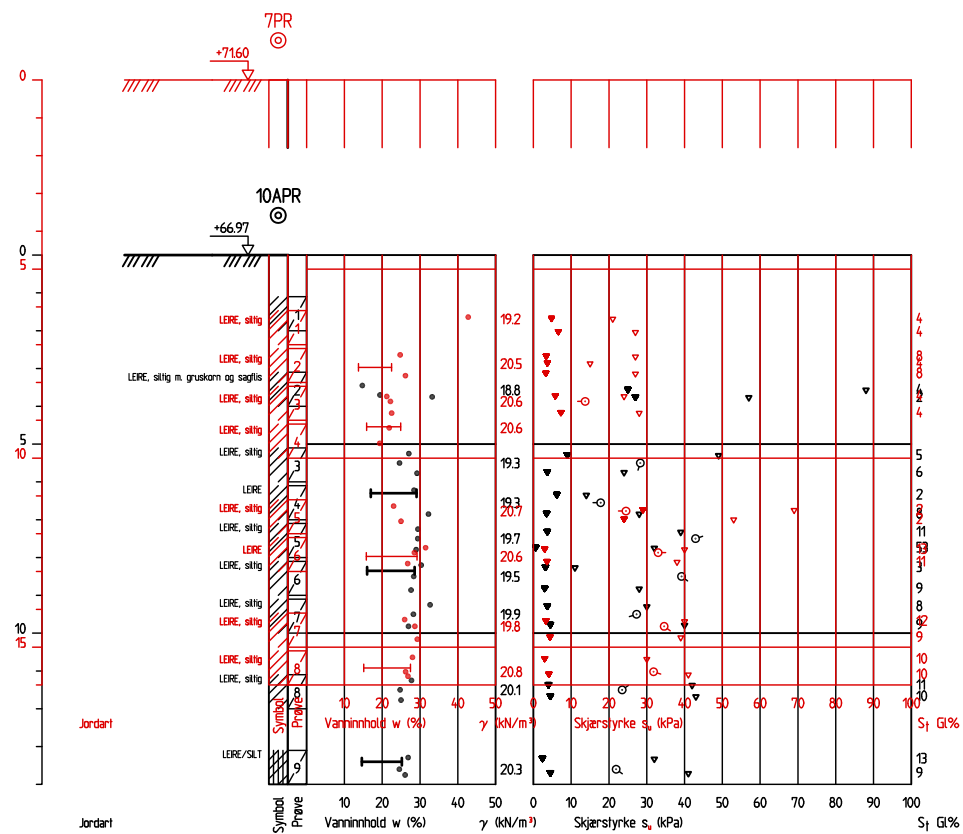



-	-	-	-	-	-
Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
	<b>NVE, NFR OG NIFS</b>	Status			
	<b>LEIRSKRED DØLA, MOSJØEN</b>	Original format			
	CPTU-sonderinger, borpunkt nr. 4	A-3			
	Svart kurve - juni 2011	Tegningens filnavn			
	Rød kurve - oktober 2012	cptu - sammenligning.dwg			
		Målestokk			
		1:200			
	NGI	Dato	Konstr./Tegnet	Kontrollert	Godkjent
	Sognsveien 72 - PO Box 3930 Ullevål Stadion NO-0806 Oslo, Norway T: (+47) 22 02 30 00 F: (+47) 22 23 04 48 www.ngi.no	2013-01-28	RMo	JSL	RMo
		Oppdragsnr.	Tegningsnr.	Rev.	
		20120166	302	-	

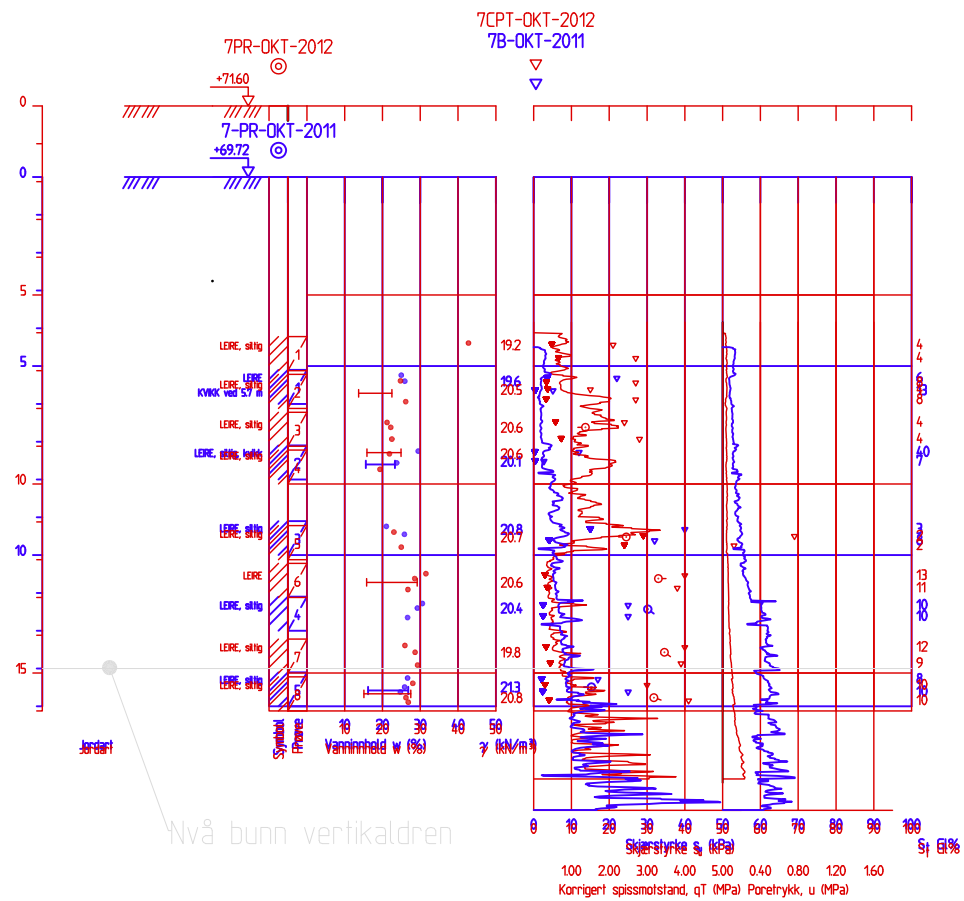


Nvå bunn vertikaldren

Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
		Status			
		-			
		Original format			
		A-3			
		Tegningens filnavn			
		cptu - sammenligning.dwg			
		Målestokk	NGI		
		1:200			
NGI Sognsveien 72 - PO Box 3930 Ullevål Stadion NO-0806 Oslo, Norway T: (+47) 22 02 30 00 F: (+47) 22 23 04 48 www.ngi.no		Dato 2012-12-20	Konstr./Tegnet RMo	Kontrollert JSL	Godkjent RMo
		Oppdragsnr. 20120166	Tegningsnr. 303		Rev. -



Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
<b>NVE, NFR OG NIFS</b> <b>LEIRSKRED DØLA, MOSJØEN</b>		Status			
Prøveserie 10A versus prøveserie 7-2012 (venstre) Prøveserie 7-2011 versus prøveserie 7-2012 (høyre)		Original format A-3			
		Tegningens filnavn Prøveserie - sammenligning.dwg			
		Målestokk 1:200			
NGI Sognsveien 72 - PO Box 3930 Ullevål Stadion NO-0806 Oslo, Norway T: (+47) 22 02 30 00 F: (+47) 22 23 04 48 www.ngi.no		Dato 2013-01-28	Konstr./Tegnet RMO	Kontrollert JSL	Godkjent RMO
		Oppdragsnr. 20120166	Tegningsnr. 400		Rev.



Nivå bunn vertikaldren

Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
NVE, NFR OG NIFS LEIRSKRED DØLA, MOSJØEN		Status			
Prøveserie 7-2011versus prøveserie 7-2012 CPTU 7-2011 versus CPTU 7-2012 Boringene er plottet i riktig nivå ift. hverandre		Original format A-3 Tegningens filnavn Prøveserie - sammenligning.dwg Målestokk 1:200			
NGI Sognsveien 72 - PO Box 3930 Ullevål Stadion NO-0806 Oslo, Norway T: (+47) 22 02 30 00 F: (+47) 22 23 04 48 www.ngi.no		Dato 2013-01-28	Konstr./Tegnet RMo	Kontrollert JSL	Godkjent RMo
		Oppdragsnr. 20120166	Tegningsnr. 401	Rev.	



# Vedlegg A - Datarapport, grunnundersøkelser

## Innhold

NGI-rapport 20110544-01-R. "Leirskred Døla, Mosjøen. Datarapport – grunnundersøkelser." Datert 2013-01-18.





# Rapport / Report

## Leirskred Døla, Mosjøen

### Datarapport – grunnundersøkelser

20110544-01-R  
18. januar 2013  
Rev. nr.:

Ved elektronisk overføring kan ikke konfidensialiteten eller autentisiteten av dette dokumentet garanteres. Adressaten bør vurdere denne risikoen og ta fullt ansvar for bruk av dette dokumentet.

Dokumentet skal ikke benyttes i utdrag eller til andre formål enn det dokumentet omhandler. Dokumentet må ikke reproduseres eller leveres til tredjemann uten eiers samtykke. Dokumentet må ikke endres uten samtykke fra NGL.

Neither the confidentiality nor the integrity of this document can be guaranteed following electronic transmission. The addressee should consider this risk and take full responsibility for use of this document.

This document shall not be used in parts, or for other purposes than the document was prepared for. The document shall not be copied, in parts or in whole, or be given to a third party without the owner's consent. No changes to the document shall be made without consent from NGL.



## Prosjekt

Prosjekt: Leirskred Døla, Mosjøen  
Dokumenttittel: Datarapport – grunnundersøkelser  
Dokumentnr.: 20110544-01-R  
Dato: 18. januar 2013  
Rev. nr./rev. dato:

Hovedkontor:  
Pb. 3930 Ullevål Stadion  
0806 Oslo

Avd Trondheim:  
Pb. 1230 Sluppen  
7462 Trondheim

T 22 02 30 00  
F 22 23 04 48

Kontonr 5096 05 01281  
Org. nr 958 254 318 MVA

[ngi@ngi.no](mailto:ngi@ngi.no)  
[www.ngi.no](http://www.ngi.no)

## Oppdragsgiver

Oppdragsgiver: Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE)  
Kontaktperson: Vebjørn Opdahl  
Kontraktreferanse: Oppdragsbekreftelse og EO (20. juni og 17. november)

## For NGI

Prosjektleder: Ragnar Moholdt  
Utarbeidet av: Ragnar Moholdt  
Kontrollert av: Jean Sebastien L'Heureux

## Sammendrag

Det er utført grunnundersøkelser i flere omganger i og rundt skredgropa ved Remma, like øst for Mosjøen. Her gikk det et skred ut mot elva Døla den 19. juni 2011. NGI har bistått ifm. vurderinger i akuttfasen etter skredet og under påfølgende planlegging av sikringstiltak.

Dette er en datarapport som presenterer resultater av utførte grunnundersøkelser.

Statens vegvesen utførte totalsonderinger i punkt 1-6 den 21. og 22. juni 2011. Rambøll har siden utført grunnundersøkelser i 3 omganger; den 29.-30. juni 2011, den 5. oktober 2011 og den 3.-4. oktober 2012.

Feltundersøkelsene omfatter totalsondering i 12 punkter, CPTU-sondering i 5 punkter, poretrykksmåling i 4 punkter og prøvetaking i 3 punkter. CPTU-sonderingene i borpunkt 4, 7 og 8 er gjentatt flere ganger for å undersøke graden av

# Sammendrag (forts.)



Dokumentnr.: 20110544-01-R

Dato: 2013-01-18

Rev. nr.:

Side: 4

rekonsolidering i leirmassene på ulike tidspunkter. Av samme årsak er prøvetaking repetert i borpunkt 7.

Laboratorieundersøkelsene er utført ved NGIs laboratorium i Oslo. Laboratorieundersøkelsene omfatter rutineundersøkelser, kornfordelingsanalyse, treaksial- og ødometerforsøk. Laboratorieundersøkelsene er delvis finansiert av FoU-prosjektet ”NIFS-6.7.2 – Styrkeøkning av rekonsolidert kvikkleire etter skred.”

Løsmassene består av siltig leire under et tynt tørrskorpelag. Karakteristisk for leiravsetningen er mange tynne lag av silt og sand. Løsmassene blir gradvis mer dominert av silt- og finsandlagene ned mot fjell. Fjell er påtruffet i over 30 meter dybde nær elva og i 3-4 meter dybde lengst opp i skråningen øst for skredgropa. I skråningen vest for elva er det fjell i dagen.

De skredpåvirkede massene har fått en tettere struktur enn leira omkring. Dette fremgår ved sammenligning av laboratoriebestemte indeksparametere og kan ses på bilder tatt med elektronmikroskop av prøver fra borpunkt 7 og 10A (hhv. prøver fra innenfor og utenfor skredgropa).

Poretrykksmålinger utenfor skredgropa viser 1,5-4 meter artesisk overtrykk nede ved elva. I skråningen øst for skredgropa viser poretrykksmålingene 4 – 6 meter undertrykk.

Innenfor selve skredgropa er det målt høye poretrykk etter skredet og under oppfylling ifm. sikringstiltak. Poretrykkene har nå gått ned og målingene tilsvarer ca. hydrostatisk trykk fra dagens terrengnivå.

# Innhold

<b>1</b>	<b>Innledning</b>	<b>6</b>
<b>2</b>	<b>Grunnundersøkelser</b>	<b>6</b>
2.1	Grunnboring – juni 2011	6
2.2	Grunnboring –oktober 2011	6
2.3	Grunnboring –oktober 2012	6
<b>3</b>	<b>Boremetoder og utstyr</b>	<b>7</b>
<b>4</b>	<b>Laboratorieundersøkelser av prøver</b>	<b>8</b>
4.1	Rutineundersøkelser	8
4.2	Treaksialforsøk (CAUA)	8
4.3	Ødometerforsøk (CRSC)	8
<b>5</b>	<b>Kvalitet av undersøkelser</b>	<b>9</b>
5.1	CPTU-sonderinger	9
5.2	Treaksialforsøk (CAUC)	9
5.3	Ødometerforsøk (CRSC)	10
<b>6</b>	<b>Grunnforhold</b>	<b>10</b>
6.1	Geologi	10
6.2	Løsmasser	11
6.3	Grunnvann	12
<b>7</b>	<b>Referanser</b>	<b>13</b>

## Bilag

Bilag 1	Tegnforklaring plan- og profiltegninger
---------	---

## Tegninger

Tegning 001	Oversiktskart
Tegning 010	Situasjonsplan (1:2000)
Tegning 100	Situasjonsplan (1:1000)
Tegning 200	Snitt gjennom skredgropa (1:1000)
Tegning 201	Snitt gjennom skredgropa (1:400)

## Vedlegg

Vedlegg A	Oppmåling, oversikt grunnundersøkelser
Vedlegg B	Grunnundersøkelser – juni 2011
Vedlegg C	Grunnundersøkelser – oktober 2011
Vedlegg D	Grunnundersøkelser – oktober 2012
Vedlegg E	Tidligere grunnundersøkeler

## Kontroll- og referanseside

## **1 Innledning**

NGI har på oppdrag for NVE deltatt på befaring og gitt råd ifm. evakuering, undersøkelser og tiltak etter et skred som gikk søndag den 19. juni 2011. Skredet gikk ut mot elva Døla i nærheten av Remma, like øst for Mosjøen. Beliggenhet av skredet er vist på oversiktskart, Tegning 001.

Det er i ettertid utført grunnundersøkelser i og rundt skredgropa.

Dette er en datarapport som presenterer måledata fra uførte grunnundersøkelser i skredområdet.

## **2 Grunnundersøkelser**

Det henvises til borplan (Tegning 010 og 100), snitt (Tegning 200 og 201), samt Vedlegg A-C for plassering og opptegning av utførte grunnundersøkelser.

### ***2.1 Grunnboring – juni 2011***

Boringer ble utført av Statens vegvesen den 21.-22. juni (borpkt. 1-6) og av Rambøll den 29.-30. juni (pkt. 7-9). Boringene ble utført ifm. akutfase og planlegging av sikringstiltak. Grunnundersøkelsen omfattet foruten totalsonderinger CPTU i borpunkt 3, 4, 7 og 8. I tillegg ble det installert poretrykksmålere i pkt. 3 og 4, og det ble tatt prøver i pkt. 3. Prøvene ble analysert ved NGIs laboratorium i Oslo. Vedlegg A gir oversikt over borpunkter, metoder og hvilken rigg som ble benyttet til de ulike boringene. Resultater fra grunnundersøkelsene er presentert i Vedlegg B.

### ***2.2 Grunnboring –oktober 2011***

Boringer ble utført av Rambøll den 5. oktober ifm. planlegging av sikringstiltak. CPTU-sonderingene i borpkt. 7 og 8 ble repetert. Videre ble det installert poretrykksmålere og tatt prøver i borpkt. 7. Prøvene ble analysert ved NGIs laboratorium i Oslo. Vedlegg A gir oversikt over borepunkter og metoder som ble benyttet. Resultater fra grunnundersøkelsene er presentert i Vedlegg C.

### ***2.3 Grunnboring –oktober 2012***

Boringer ble utført av Rambøll den 3. og 4. oktober. Boringene ble utført som grunnlag for dokumentasjon av akseptabel stabilitet. Det ble i tillegg utført laboratorieundersøkelser finansiert av forskningsprosjektet NIFS-6.7.2 "Styrkeøkning av rekonsolidert kvikkleire". CPTU-sondering ble repetert i borpunkt 4, 7 og 8. Videre ble prøvetaking i pkt. 7 repetert. I et referansepunkt utenfor skredgropa (borpkt. 10A) ble det utført total- og CPTU-sondering, samt prøvetaking. Prøvene ble analysert ved NGIs laboratorium i Oslo. Det ble også installert poretrykksmålere i punkt 10. Vedlegg A gir oversikt over borepunkter og



metoder som ble benyttet. Resultater fra grunnundersøkelsene er presentert i Vedlegg D.

### 3 Boremetoder og utstyr

For tegnforklaring henvises til ref. /1/ og Bilag 1.

#### 3.1.1 Totalsondering

Totalsondering benyttes for å bestemme lagdeling i løsmasser og dybde til fast grunn. Resultatene gir grunnlag for å identifisere jordarter og vurdere relativ fasthet i grunnen. Metoden er dessuten egnet for å lokalisere sensitiv/kvikk leire. Metoden gir sikker fjellpåvisning ved boring 3 m inn i fjell. For en mer detaljert beskrivelse henvises det til ref. /2/.

#### 3.1.2 CPTU – sondering

Trykksondering med poretrykksmåling (CPTU) benyttes for å tolke lagdelinger, jordart, lagringsbetingelser, og jordartens skjærfasthetsegenskaper.

Under nedpressingen måles trykket ( $q_c$ ) mot den koniske spissen og sidefriksjonen ( $f_s$ ) mot friksjonshylsen. I tillegg måles poretrykket ( $u$ ) på en eller flere steder langs sondens overflate (CPTU). For en mer detaljert beskrivelse henvises det til ref. /3/.

CPTU-sonderingene er utført med GEOTECH sonde. Tabell 1 (under) viser hvilken sonde som er benyttet, samt arealfaktor for sonden.

Tabell 1: Oversikt over benyttet CPTU-sonde i hvert enkelt borpunkt

Borpunkt	Sondennummer	Arefaktor
Boringer juni 2011 (pkt. 3, 4, 7 og 8)	4365	0,801
Boringer oktober 2011 (7 og 8)	4365	0,801
Boringer oktober 2012 (4, 7, 8 og 10A)	4492	0,838

#### 3.1.3 Poretrykksmåling

Metoden brukes for å bestemme grunnvannstanden (GV) og kartlegge poretrykket i dybden. For en mer detaljert beskrivelse henvises det til ref. /5/.

I dette prosjektet ble det benyttet Geotech PVT-målere med kjeramisk trykksensor.

#### 3.1.4 Prøvetaking

Det er benyttet stempelprøvetakere for å ta uforstyrrede prøver. I borpunkt 3 ble det benyttet 54 mm stempelprøvetaker. I de øvrige borpunktene ble det benyttet 75

mm stempelprøvetaker og stålsylindere av hensyn til prøve kvalitet. For en mer detaljert beskrivelse henvises det til ref. /4/.

## **4 Laboratorieundersøkelser av prøver**

Undersøkelsene er i alle omganger utført ved NGIs laboratorium i Oslo.

### **4.1 Rutineundersøkelser**

Prøvene ble registrert, åpnet og det ble foretatt en visuell klassifisering og beskrivelse av materialtype. For en mer detaljert beskrivelse av de ulike metodene henvises det til ref. /7/-/14/.

På alle sylinderprøvene ble det bestemt vanninnhold, romvekt og udrenert skjærfasthet. Fra utvalgte sylindere ble det tatt ut prøver for bestemmelse av plastisitetstgrenser.

På utvalgte prøver ble det utført kornfordelingsanalyse ved våtsikting og metoden ”Falling drop” for bestemmelse av finstoffinnhold.

### **4.2 Treksialforsøk (CAUA)**

Treksialforsøk utføres for bestemmelse av jordartenes skjærfasthetsegenskaper.

Det ble tatt ut prøver med høyde på 13-14 cm. Prøvene ble deretter bygget inn i treksialcellen med fullt tverrsnitt (75 mm prøver).

Prøvene ble først konsolidert til ”in-situ” spenninger, og deretter skjært i trykk under udrenerte betingelser. Det ble benyttet en tøyningshastighet på 1,4% pr. time under skjæring, og prøvene ble skjært til 15-20% aksial tøyning. For en mer detaljert beskrivelse av forsøksprosedyrer henvises det til ref. /15/.

Ved spesifisering av konsolideringsspenninger for treksialforsøk ble det valgt romvekt iht. målinger fra tidligere utførte rutineundersøkelser. Poretrykk ble satt iht. utførte målinger. Effektivspenningen ( $p_0'$ ) ble så beregnet fra disse parametrene. Vertikal konsolideringsspenning ble satt lik den beregnede effektivspenningen ( $p_0'$ ).

Som grunnlag for fastsettelse av horisontal konsolideringsspenning, ble CPTU tolket mht. overkonsolideringsgrad og normalisert skjærfasthet ( $s_u/p_0'$  – forhold). Sammen med plastisitet fra tidligere rutineundersøkelser ble så  $K_0'$  tatt ut fra et diagram (Brooker og Ireland) for beregning horisontal konsolideringsspenning.

### **4.3 Ødometerforsøk (CRSC)**

Ødometerforsøk utføres for bestemmelse av jordartenes konsolideringsegenskaper (herunder permeabilitet og stivhet).

Det ble tatt ut prøver med 2 cm høyde og tverrsnittet ble trimmet ned fra 75 mm til ca. 67 mm i diameter ( $35 \text{ cm}^2$ ). Prøvene ble så bygd inn i ødometercellen.

Forsøkene ble deretter konsolidert under drenerte betingelser ved at det ble påført et trykk tilpasset konstant tøyningshastighet på ca. 0,5 % pr. time. Forsøkene ble kjørt til 12-16% aksiell tøyning. For en mer detaljert beskrivelse av forsøksprosedyrer henvises det til ref. /16/.

## 5 Kvalitet av undersøkelser

### 5.1 CPTU-sonderinger

Dokumentasjon av avleste nullpunktsverdier før og etter sondering er presentert i Vedlegg B-C.

Det er dokumentert nullpunktsavvik iht. kvalitetsklasse 1 (ref. /3/) for alle CPTU-sonderingene bortsett fra CPTU 8 og 10A (2012-undersøkelsen). Nullpunktsavviket for spissmotstand medfører kvalitetsklasse 2 for de nevnte sonderingene.

### 5.2 Treksialforsøk (CAUC)

Treksialforsøk ble kun utført ifm. 2012-undersøkelsen.

For bedømmelse av prøve kvalitet henvises det til ref. /17/. Endring i porettall ved konsolidering til "in-situ" effektivspenning benyttes som indikator for eventuell prøveforstyrrelse.

*Tabell 2 Betegnelse av prøve kvalitet ut fra overkonsolideringsgrad og porettall (iht. ref. /17/)*

Klassifisering	OCR	$\Delta e/e_0$	Prøvekvalitet	Forsøk i aktuell kategori (borpunkt nr. – prøve nr. og del)
1	1-2 2-4	<0,04 <0,03	Meget god	10A-6A1 (d=8.5m)
2	1-2 2-4	0,04-0,07 0,03-0,05	God til bra	10A-4A1(d=6,5m),
3	1-2 2-4	0,07-0,14 0,05-0,10	Dårlig	7-3C1 (d=8,5m), 7-4C1 (d=9,55m)
4	1-2 2-4	>0,14 >0,10	Meget dårlig	

Som det fremgår av Tabell 2 tilfredsstillende prøvene fra borpunkt 10A, som ligger utenfor skredgropa, kvalitetsklasse 1 – 2, dvs. "Meget god" - "God til bra" prøve kvalitet. Prøvekvaliteten betegnes som "Dårlig", dvs. kvalitetsklasse 3, for prøvene fra borpunkt 7 (som ligger inne i skredgropa og hvor det har vært bevegelse i massene).

### 5.3 Ødometerforsøk (CRSC)

Ødometerforsøk ble kun utført ifm. 2012-undersøkelsen.

For bedømmelse av prøve kvalitet henvises det til ref. /17/. Endring i poretrykk ved konsolidering til "in-situ" effektivspenning benyttes som indikator for eventuell prøveforstyrrelse.

*Tabell 3 Betegnelse av prøve kvalitet ut fra overkonsolideringsgrad og poretrykk (iht. ref. /17/)*

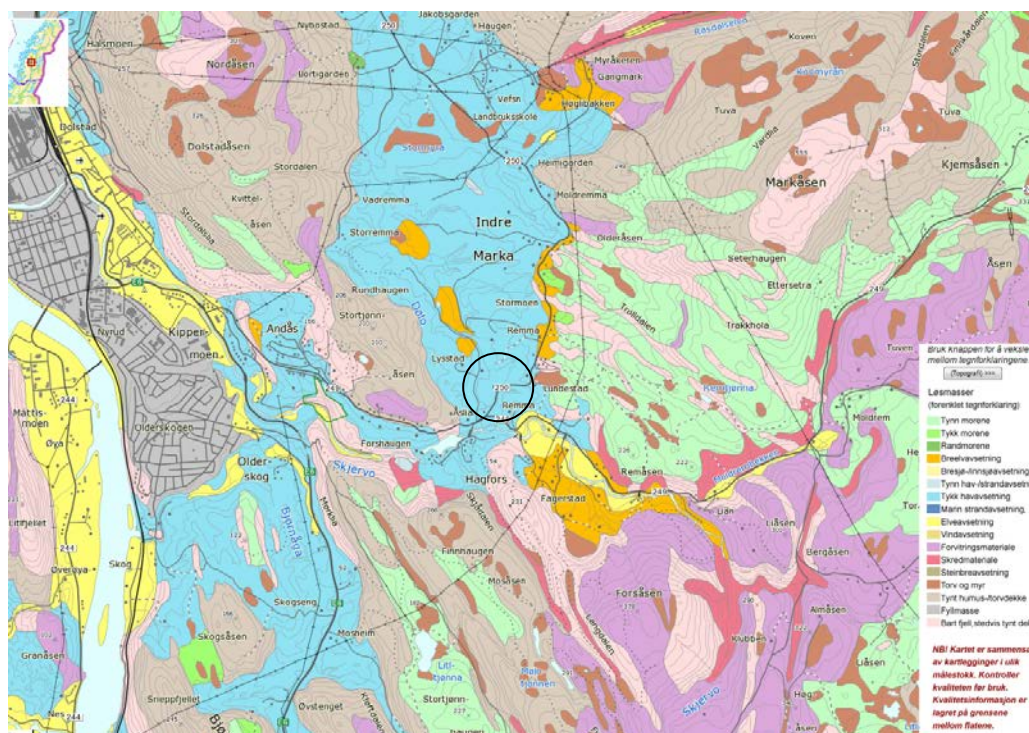
Klassifisering	OCR	$\Delta e/e_0$	Prøve kvalitet	Forsøk i aktuell kategori (borpunkt nr. – prøve nr. og del)
1	1-2 2-4	<0,04 <0,03	Meget god	10A-6F1 (d=8.77m)
2	1-2 2-4	0,04-0,07 0,03-0,05	God til bra	10A-4E1 (d=6,53m)
3	1-2 2-4	0,07-0,14 0,05-0,10	Dårlig	7-4B1 (d=9,42m), 7-5C1 (d=11.62m)
4	1-2 2-4	>0,14 >0,10	Meget dårlig	

Som det fremgår av Tabell 3 tilfredsstillende prøvene fra borpunkt 10A, som ligger utenfor skredgrova, kvalitetsklasse 1 – 2, dvs. "Meget god" - "God til bra" prøve kvalitet. Prøve kvaliteten betegnes som "Dårlig", dvs. kvalitetsklasse 3, for prøvene fra borpunkt 7 (som ligger inne i skredgrova og hvor det har vært bevegelse i massene).

## 6 Grunnforhold

### 6.1 Geologi

Kvartærgeologisk kart viser marine avsetninger, tykt dekke (blått), i det aktuelle området. I områdene rundt finnes det flere breelv- og elveavsetninger. Det er også mye fjell i dagen og områder med tynt morenedekke/forvittringsjord, jf. Figur 1.



Figur 1 Kvartærgeologisk kart (ring rundt aktuelt område)

## 6.2 Løsmasser

Løsmassene består av et tynt tørrskorpelag, typisk ca. 1-2 m tykt, over siltig leire. Karakteristisk for avsetningen er mange tynne lag av silt og finsand. Løsmassene blir gradvis mer dominert av silt- og finsandlagene ned mot fjell.

Fjelldybden varierer fra over 30 meter nede ved elva (skredgrova) til 3-4 meter ved borpunktene lengst opp i skråningen øst for elva (jf. Tegning 200). I skråningen på vestsida av elva er det registrert fjell i dagen flere steder.

Følgende indeksparametere karakteriserer leiravsetningen:

Tabell 4 Typiske indeksparametere for leiravsetningen (borpkt. 3 og 10A)

Jordparameter	Typisk variasjonsområde
Vanninnhold	25-35 %
Plastisitetsgrense	14-17 %
Flytegrense	25-32 %
Plastisitetsindeks	10-15 %
Romvekt	19,0-20,3 kN/m <sup>3</sup>
Udrenert skjærfasthet (konus og enaks)	16-45 kPa
Omrørt skjærfasthet (konus)	0,5-6 kPa
Sensitivitet	8-50

De skredpåvirkede massene har fått en tettere struktur enn leira omkring. Dette kan ses på bilder tatt med elektronmikroskop av prøver fra borpunkt 7 og 10A (hhv.

prøver fra innenfor og utenfor skredgropa), jf. Vedlegg D30. Følgende indeksparametere karakteriserer de skredpåvirkede massene:

*Tabell 5 Typiske indeksparametere for skredpåvirket leire i skredgropa (borpkt. 7 – dybde 6-10 m)*

<b>Jordparameter</b>	<b>Typisk variasjonsområde</b>
Vanninnhold	20-25 %
Plastisitetsgrense	14-16 %
Flytegrense	22-25 %
Plastisitetsindeks	7-10 %
Romvekt	20,3-20,7 kN/m <sup>3</sup>
Udrenert skjærfasthet (konus og enaks)	16-28 kPa
Omrørt skjærfasthet (konus)	3,5-7 kPa
Sensitivitet	4-8

### **6.3 Grunnvann**

Poretrykksmålinger i borpunkt 10A viser et betydelig poreovertrykk nede ved elva, ca. 1,4 og 3,7 meter stighøyde over terreng hhv. i 5 og 10 m dybde.

Oppe i skråningen på østsiden av elva (punkt 3) er det målt poreundertrykk tilsvarende stighøyder på ca. 4 og 6 meter under terrengnivå (målere i hhv. 8 og 16 m dybde).

I borpunkt 4 og 7 er det målt veldig høye poretrykk etter skredet og under oppfylling ifm. sikringstiltak i perioden oktober – november 2011. Poretrykkene har nå gått ned og målingene tilsvarer ca. hydrostatisk trykk fra dagens terrengnivå.



## 7 Referanser

- /1/ Veiledning for symboler og definisjoner i geoteknikk. Presentasjon av geotekniske undersøkelser.
- /2/ Veiledning for utførelse av totalsondering. Melding nr. 9, Norsk geoteknisk forening, 1994
- /3/ Veiledning for utførelse av trykksondering. Melding nr. 5, Norsk geoteknisk forening, 1982. Rev. Nr.3, 2010
- /4/ Veiledning for prøvetaking. Melding nr. 11, Norsk geoteknisk forening, 1997
- /5/ Veiledning for måling av grunnvannstand og poretrykk. Meldning nr. 6, rev. 1, 1989
- /6/ Håndbok 015. Feltundersøkelser. Statens vegvesen, august 1997
- /7/ Geoteknisk prøving – Laboratoriemetoder - Konusflytegrensen. NS 8002:1982 (1982-11-01)
- /8/ Geoteknisk prøving – Laboratoriemetoder - Plastisitetsgrensen. NS 8003:1982 (1982-11-01)
- /9/ Geoteknisk prøving – Laboratoriemetoder – Kornfordelingsanalyse av jordprøver. NS 8005:1990 (1990-12-01)
- /10/ Geoteknisk prøving – Laboratoriemetoder – Jords oppbygging – Begreper, terminologi og symboler. NS 8010:1982 (1982-11-01)
- /11/ Geoteknisk prøving – Laboratoriemetoder – Densitet. NS 8011:1982 (1982-11-01)
- /12/ Geoteknisk prøving – Laboratoriemetoder – Vanninnhold. NS 8013:1982 (1982-11-01)
- /13/ Geoteknisk prøving – Laboratoriemetoder – Bestemmelse av udrenert skjærstyrke ved konusprøving. NS 8015:1988 (1982-02-01)
- /14/ Geoteknisk prøving – Laboratoriemetoder – Bestemmelse av udrenert skjærstyrke ved enaksialforsøk. NS 8016:1988 (1988-02-01)

- /15/ Berre, T. (1982)  
*Triaxial testing at the Norwegian Geotechnical Institute.*  
Geotechnical Testing Journal, Vol. 5, No. 1/2 pp. 3-17.  
Also publ. in: Norwegian Geotechnical Institute.  
Publication, 134, 1981, pp. 7-23
- /16/ Sandbækken, G., Berre, T. and Lacasse, S. (1986)  
*Oedometer testing at the Norwegian Geotechnical Institute*  
*Consolidation of soils: Testing and Evaluation,*  
ASTM STP 892, R.N. Yong and F.C. Townsend, Eds., 1986
- /17/ Lunne T., Berre T., & Strandvik S.,  
*Sample disturbance effects in soft low plasticity Norwegian clay, Recent*  
*Developments in Soil and Pavement Mechanics, Almeida (ed.), 1997,*  
*Balkema, Rotterdam*

### Plantegninger

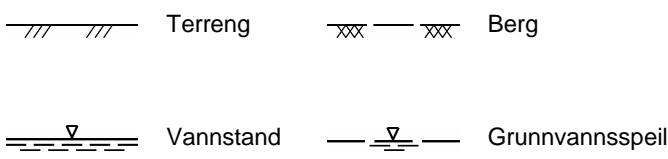
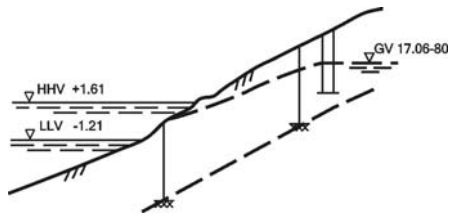
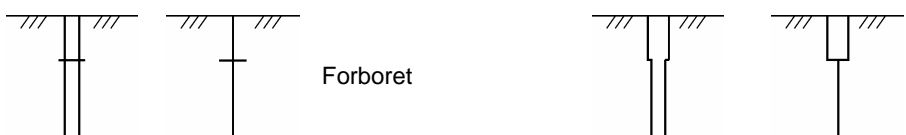
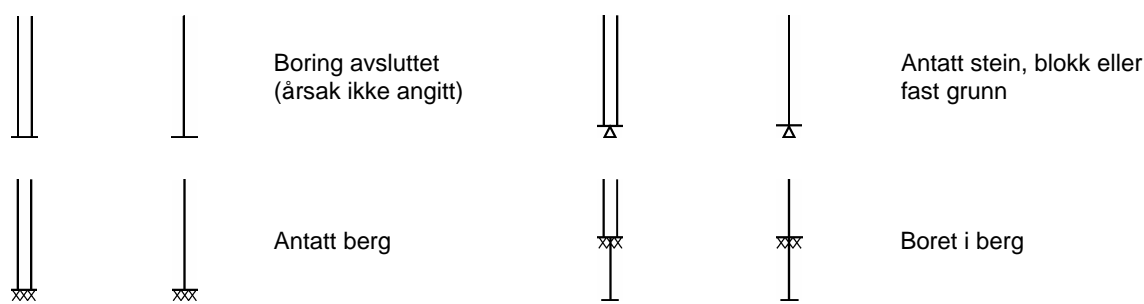
Symbol	Metode	Symbol	Metode
○	Enkel sondering	▽	Trykksondering (CPTU)
●	Dreiesondering	⊕	Poretrykksmåling
◊	Dreietrykksondering	■	Setningsmåling
▼	Ramsondering	▣	Helningsmåling
☆	Fjellkontrollboring	⊗	In situ permeabilitetsmåling
⊕	Totalsondering	⊙	Prøveserie
+	Vingeboring	□	Prøvegrop

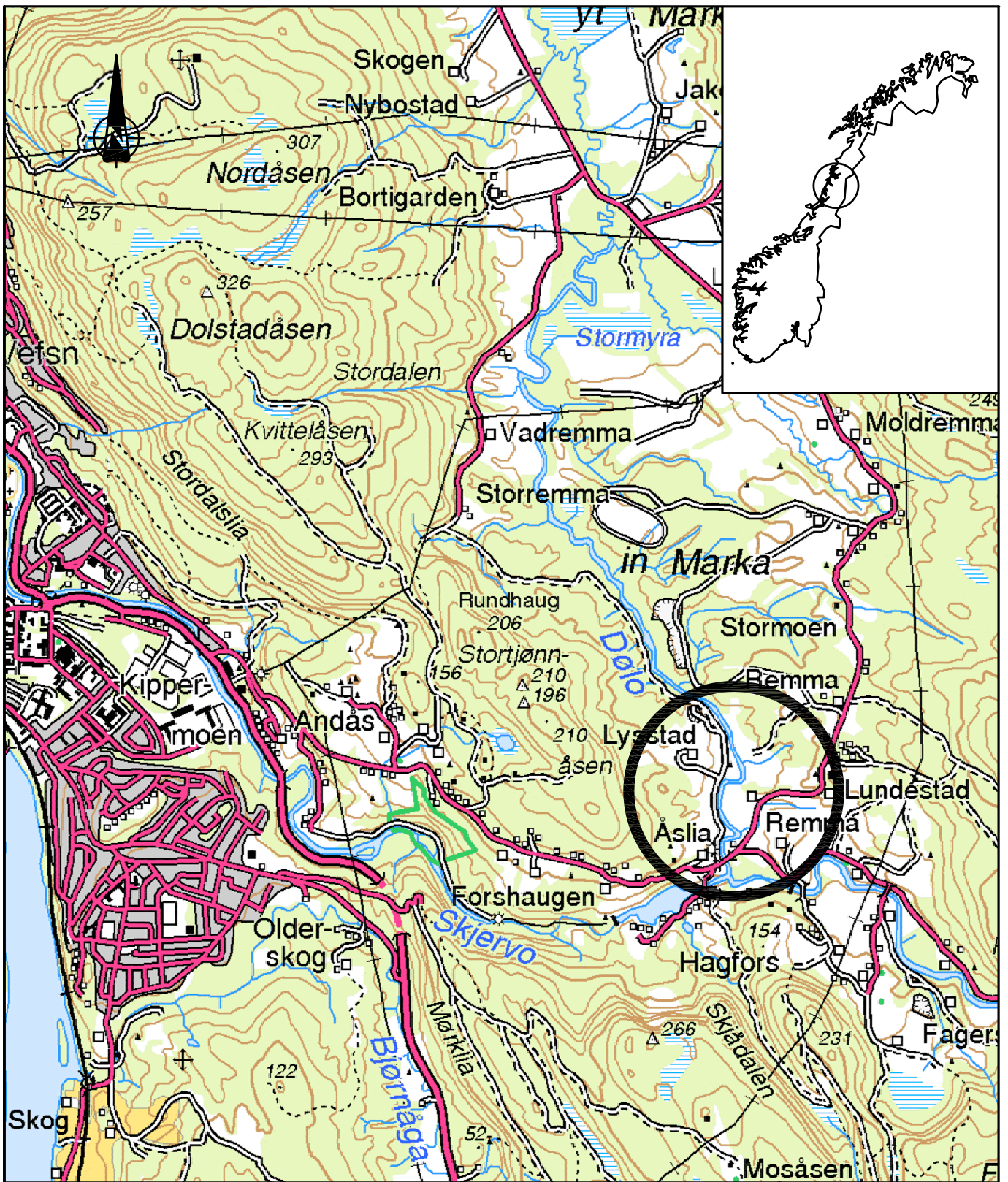
#### Nivåer og dybder (m)


118 ☆  $\frac{12,8}{-5,7}$  18,5+3,0

Foran symbol: Punkt nr. (118)  
 Over linjen: Kote terreng (12,8) eller elvebunn, sjøbunn ved boring i vann  
 Ut for linjen: Boret dybde i løsmasser (18,5) + boret dybde i fjell (+3,0).  
 Under linjen: Kote antatt fjell (-5, 7). Antas at fjell ikke er påtruffet angis ~.

### Profiltegninger










<b>Konturlinjer</b> 		
<b>Forboring</b> 		
<b>Avslutning av boring</b> 		

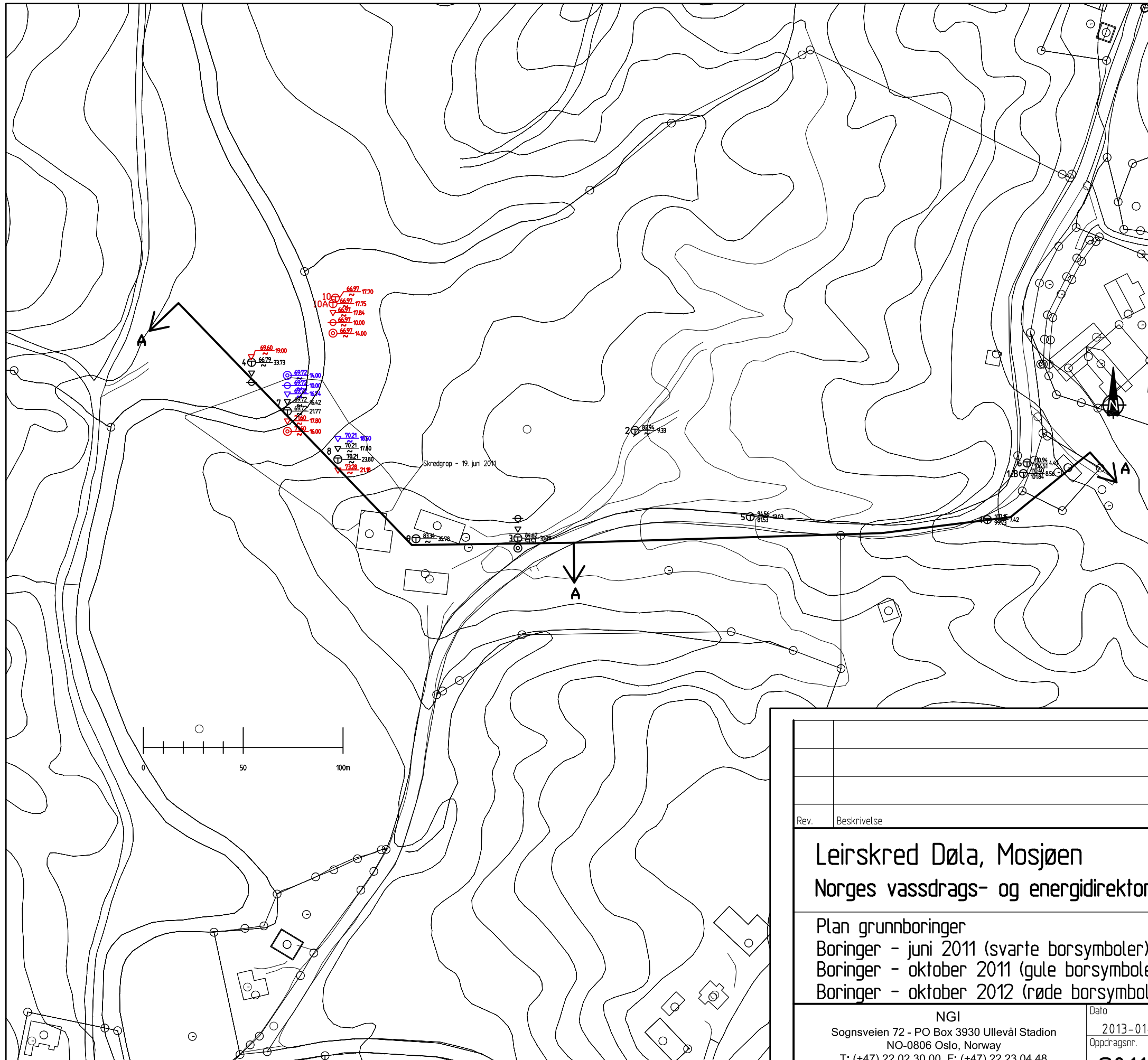


<b>NORGES VASSDRAGS- OG ENERGIDIREKTORAT (NVE)</b> <b>LEIRSKRED DØLA, MOSJØEN</b>		Status		
		Original format A-4		
Oversiktskart		Tegningens filnavn Oversiktskart.dwg		
		Målestokk 1:50000		
NGI Sognsveien 72 - PO Box 3930 Ullevål Stadion NO-0806 Oslo, Norway T: (+47) 22 02 30 00 F: (+47) 22 23 04 48 www.ngi.no	Dato 18.01.2013	Konstr./Tegnet RMO	Kontrollert JSL	Godkjent RMO
	Oppdragsnr. 20110544	Tegningsnr. 001		Rev.












Tegnforklaring:

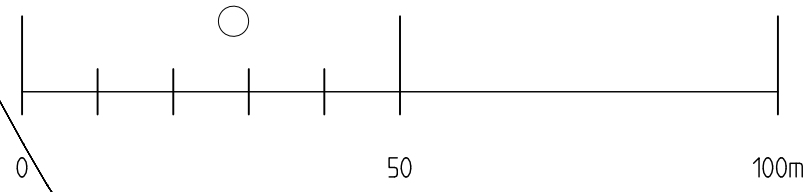
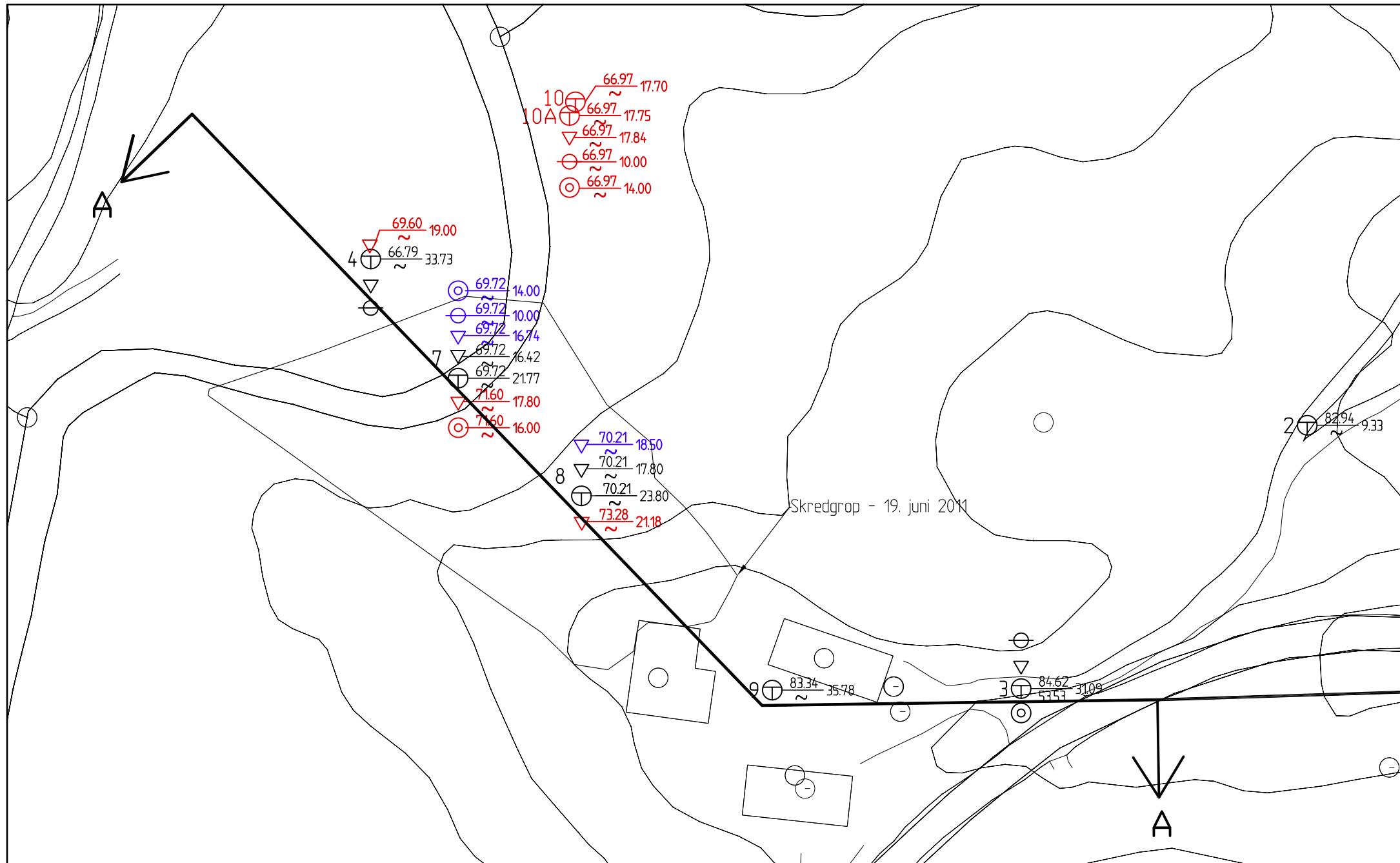
-    Boringer - oktober 2012
-    Boringer - oktober 2011
-    Boringer - juni 2011



Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
	<b>Leirskred Døla, Mosjøen</b> <b>Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE)</b>	Status			
	<b>Plan grunnboringer</b> Boringer - juni 2011 (svarte borsymboler) Boringer - oktober 2011 (gule borsymboler) Boringer - oktober 2012 (røde borsymboler)	Original format			
		Tegningens filnavn			
		Borplan - datarapport.dwg			
		Målestokk			
		1:2000			
	NGI Sognsveien 72 - PO Box 3930 Ullevål Stadion NO-0806 Oslo, Norway T: (+47) 22 02 30 00 F: (+47) 22 23 04 48 www.ngi.no	Dato	Konstr./Tegnet	Kontrollert	Godkjent
		2013-01-18	RMo	JSL	RMo
		Oppdragsnr.	Tegningsnr.		Rev.
		20110544	010		

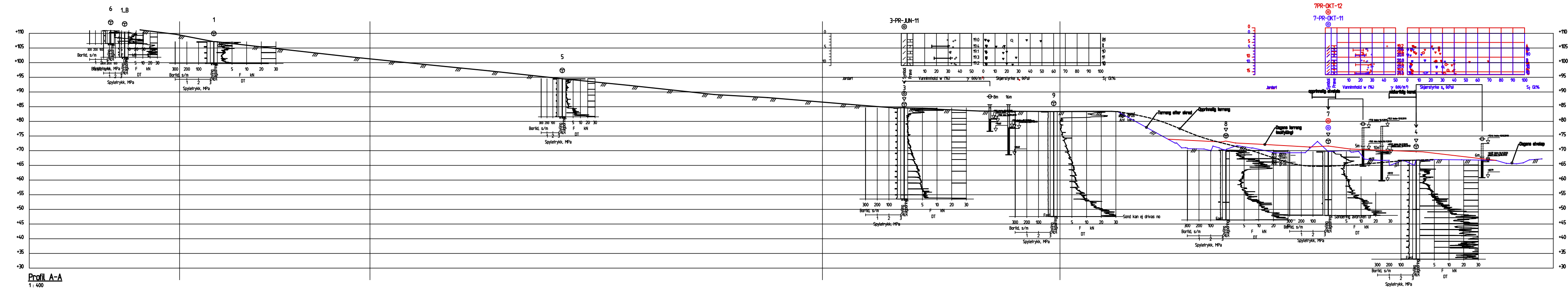
Tegnforklaring:

-  Boringer - oktober 2012
-  Boringer - oktober 2012
-  Boringer - oktober 2012
-  Boringer - oktober 2011
-  Boringer - oktober 2011
-  Boringer - oktober 2011
-  Boringer - juni 2011
-  Boringer - juni 2011
-  Boringer - juni 2011




Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
-	-	-	-	-	-
<b>Leirskred Døla, Mosjøen</b> <b>Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE)</b>		Status - Original format A-3 Tegningens filnavn Borplan - datarapport.dwg Målestokk 1:1000			
Plan grunnboringer Boringer - juni 2011 (svarte borsymboler) Boringer - oktober 2011 (gule borsymboler) Boringer - oktober 2012 (røde borsymboler)					
NGI Sognsveien 72 - PO Box 3930 Ullevål Stadion NO-0806 Oslo, Norway T: (+47) 22 02 30 00 F: (+47) 22 23 04 48 www.ngi.no		Dato	Konstr./Tegnet	Kontrollert	Godkjent
		2013-01-18	RMo	JSL	RMo
		Oppdragsnr.	Tegningsnr.	Rev.	
		20110544	100	-	

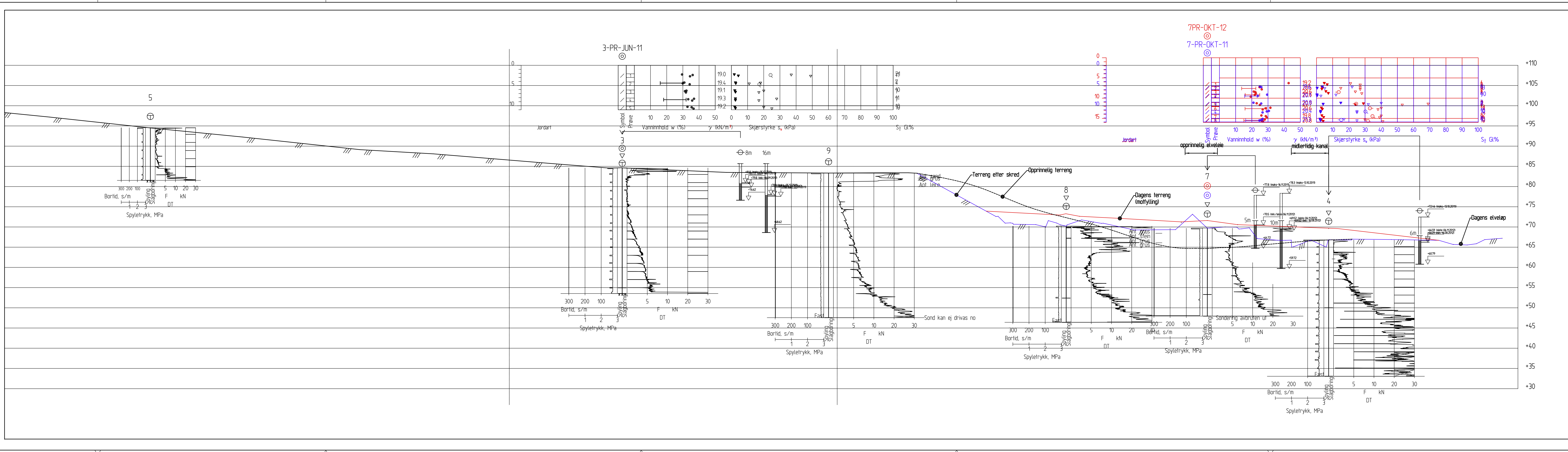




Tegnforklaring:

- ⊙ Boringer - oktober 2012
- ⊙ Boringer - oktober 2011
- ⊙ Boringer - juni 2011

Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
					-
<b>NORGES VASSDRAGS- OG ENERGIDIREKTORAT (NVE)</b> <b>LEIRSKRED DØLA, MOSJØEN</b>		Status Original format A-3L Tegningens filnavn Profil A - datarapport.dwg Målestokk			
Profil A-A Hele skråningen		1:1000			
NGI Sognsveien 72 - PO Box 3930 Ullevål Stadion NO-0806 Oslo, Norway T: (+47) 22 02 30 00 F: (+47) 22 23 04 48 www.ngi.no		Dato 18.01.2013 Oppdragsnr. <b>20110544</b>	Konstr./Tegnet RMo Tegningsnr. <b>200</b>	Kontrollert JSL	Godkjent RMo



- Tegnforklaring:
- ⊙ Boringer - oktober 2012
  - ⊕ Boringer - oktober 2011
  - ⊙ Boringer - juni 2011

Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
<b>NORGES VASSDRAGS- OG ENGERGIDIREKTORAT (NVE)</b> <b>LEIRSKRED DØLA, MOSJØEN</b>					
Profil A-A				Original format A-3LL Tegningens filnavn Profil A - datarapport.dwg Målestokk 1400	
NGI Sognsveien 72 - PO Box 3930 Ullevål Stadion NO-0806 Oslo, Norway T: (+47) 22 02 30 00 F: (+47) 22 23 04 48 www.ngi.no		Dato 18.01.2013 Oppdragsnr. 20110544	Konstr./Tegnet RMo Tegningsnr. 201	Kontrollert JSL	Godkjent RMo Rev.



# Vedlegg A - Oppmåling, oversikt grunnundersøkelser

## Innhold

A.1	Oppmåling, oversikt feltundersøkelser	2
-----	---------------------------------------	---

### A.1 Oppmåling, oversikt feltundersøkelser

Tabellen viser utførte grunnundersøkelser for hvert punkt og koordinater. Koordinatene er gitt i Euref 89, UTM sone 33.

Borpkt. nr.	Koordinater (UTM-sone 33)			Boremetoder													
	Nord- koordinat	Øst- koordinat	Høyde (moh)	TOT			CPTU			PZ			Prøve				
				Juni 2011	Oktober 2011	Oktober 2012	Juni 2011	Oktober 2011	Oktober 2012	Juni 2011	Oktober 2011	Oktober 2012	Juni 2011	Oktober 2011	Oktober 2012		
1_B	7301829.11	421849.55	110.40	X*													
1	7301806.06	421831.50	107.15	X*													
2	7301850.73	421655.06	82.940	X*													
3	7301796.79	421596.39	84.620	X*			X			X				X			
4	7301884.79	421463.04	66.792	X*			X		X	X							
5	7301807.50	421712.75	94.561	X*													
6	7301834.40	421851.39	110.94	X*													
7	7301860.38	421480.96	69.719	X			X	X	X		X				X	X	
8	7301836.28	421506.24	70.211	X			X	X	X								
9	7301796.48	421545.37	83.342	X													
10	7301917.00	421505.00	66.970			X											
10A	7301914.20	421503.80	66.970			X			X			X					X

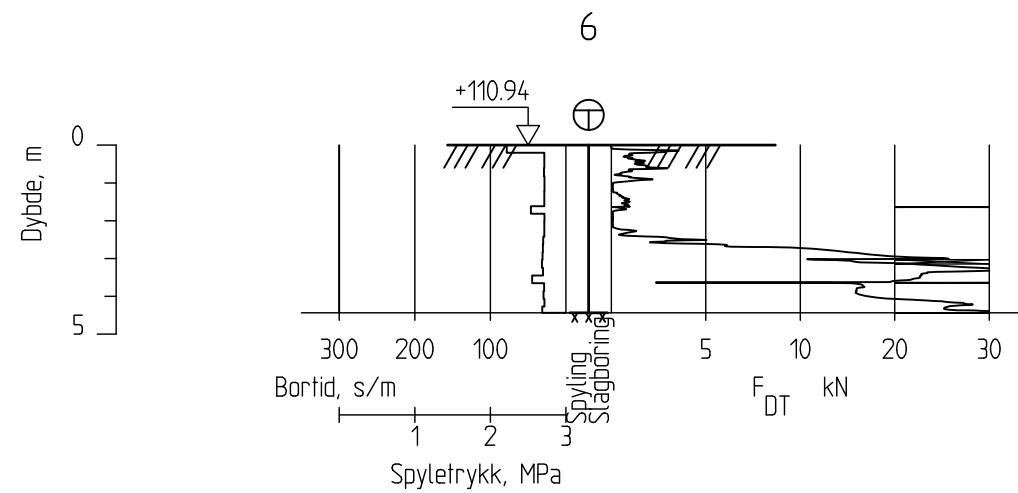
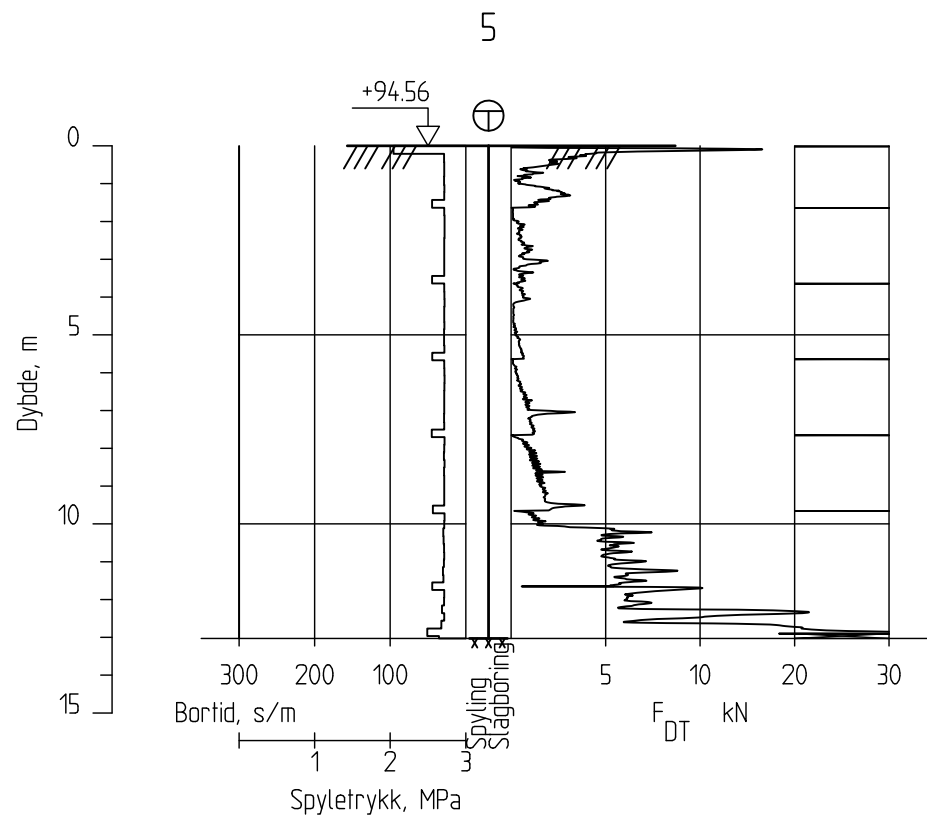
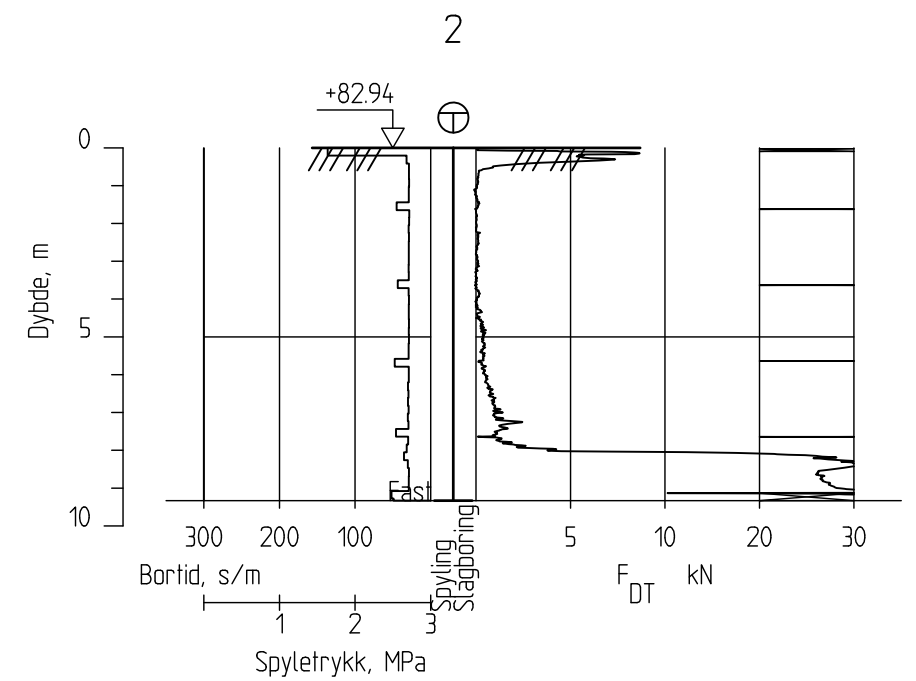
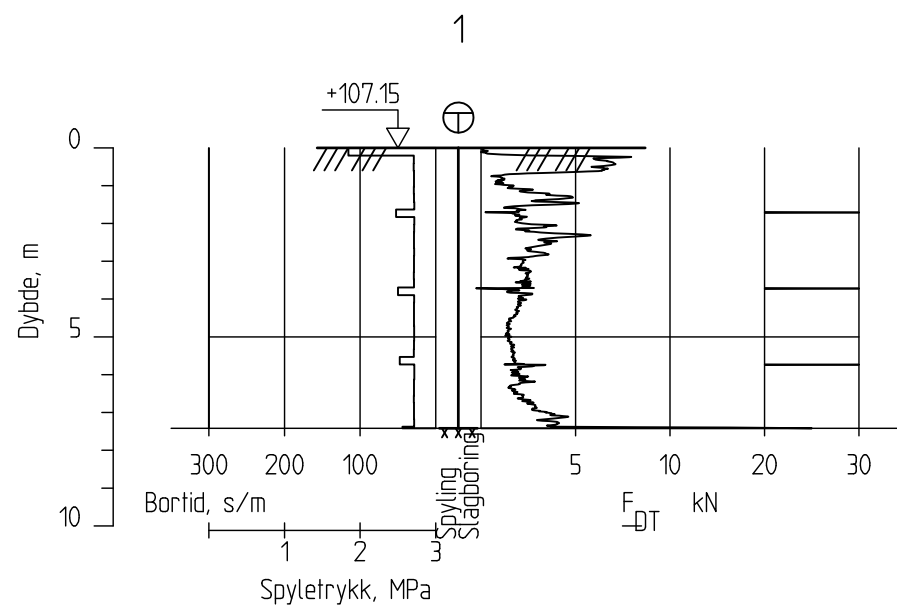
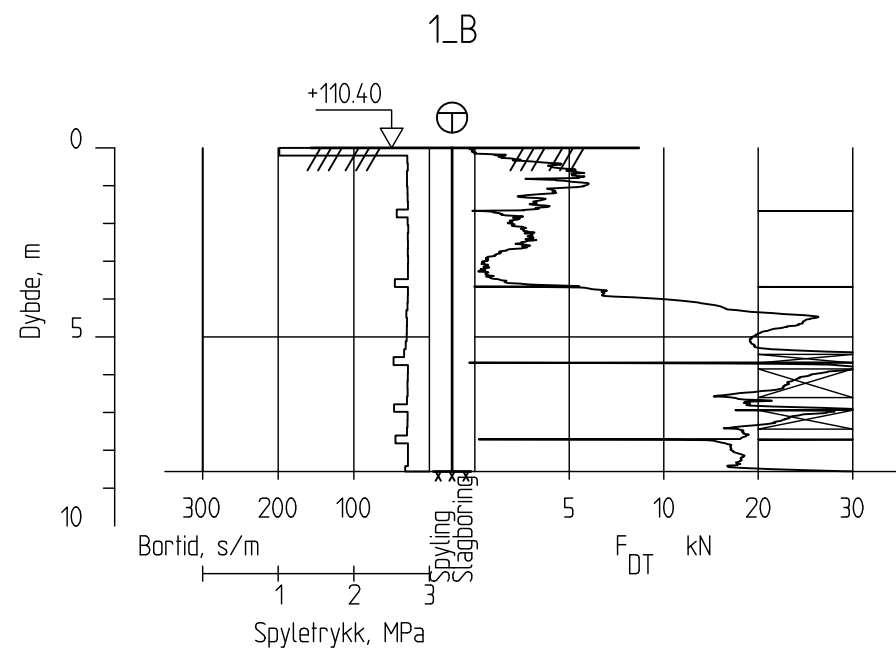
\*Boringer utført av Statens vegvesen (øvrigt boringer utført av Rambøll)


## Vedlegg B - Grunnundersøkelser – juni 2011

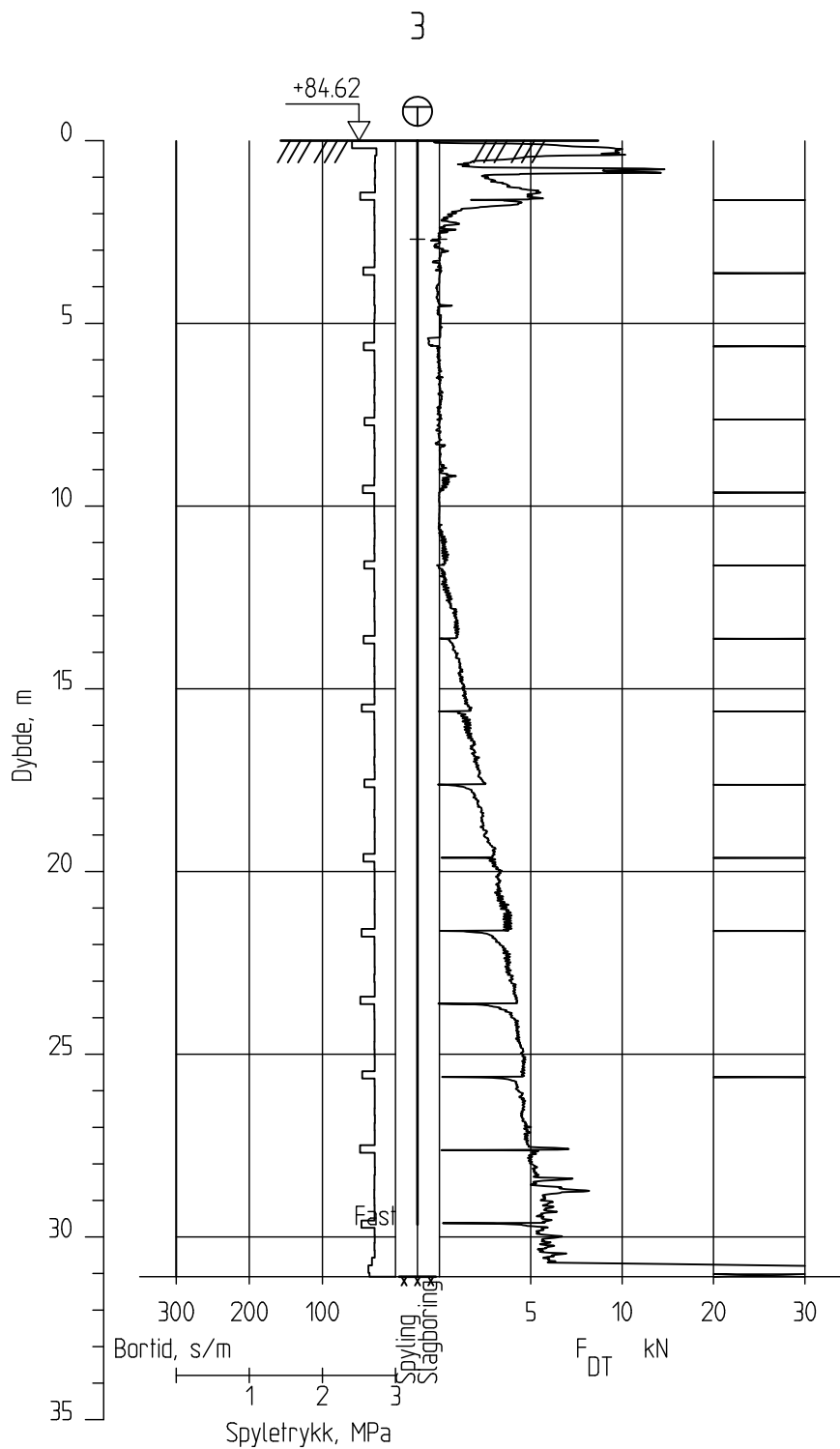
### Innhold

#### Vedlegg

B1	Totalsondering, borpunkt 1,1_B, 2, 5 og 6
B2	Totalsondering, borpunkt 3
B3	Totalsondering, borpunkt 4
B4	Totalsondering, borpunkt 7 og 8
B5	Totalsondering, borpunkt 9
B10	CPTU-sondering, borpunkt 3
B11	Kvalitet - CPTU, borpunkt 3
B12	CPTU-sondering, borpunkt 4
B13	Kvalitet - CPTU, borpunkt 4
B14	CPTU-sondering, borpunkt 7
B15	Kvalitet - CPTU, borpunkt 7
B16	CPTU-sondering, borpunkt 8
B17	Kvalitet - CPTU, borpunkt 8
B20	Poretrykksmåling, borpunkt 3
B21	Poretrykksmåling, borpunkt 4
B22	Samletabell for poretrykksmålinger
B30	Borprofil, borpunkt 3
B31	Kornfordeling, borpunkt 3



Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
-	-	-	-	-	-
<b>Leirskred Døla, Mosjøen</b> <b>Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE)</b>		Status			
		Original format			
<b>Totalsondering 1.B, 1, 2, 5, 6</b>		Tegningens filnavn			
		Totalsonderinger datarapport.dwg			
		Målestokk			
		1:200			
<b>NGI</b> Sognsveien 72 - PO Box 3930 Ullevål Stadion NO-0806 Oslo, Norway T: (+47) 22 02 30 00 F: (+47) 22 23 04 48 www.ngi.no		Dato	Konstr./Tegnet	Kontrollert	Godkjent
		2013-01-18	RMo	JSL	RMo
		Oppdragsnr.	Tegningsnr.	Rev.	
		20110544	B1	-	



Leirskred Døla, Mosjøen

Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE)

Totalsondering 3

Status

Original format

A-4

Tegningens filnavn

Totalsonderinger\_datarapport.dwg

Målestokk

1:200



**NGI**  
Sognsveien 72 - PO Box 3930 Ullevål Stadion  
NO-0806 Oslo, Norway  
T: (+47) 22 02 30 00 F: (+47) 22 23 04 48  
www.ngi.no

Dato

2013-01-18

Oppdragsnr.

20110544

Konstr./Tegnet

RMo

Tegningsnr.

B2

Kontrollert

JSL

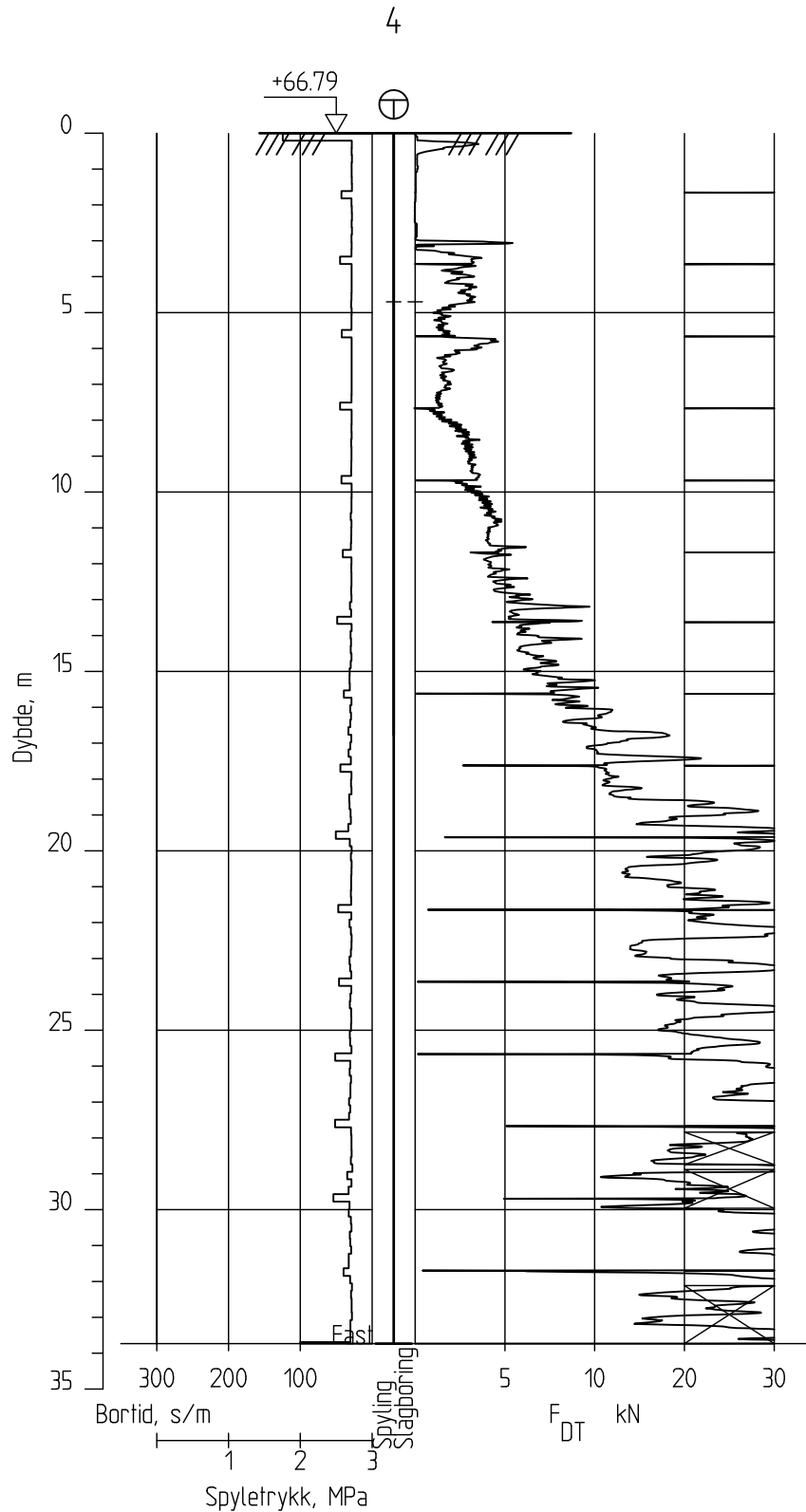
Godkjent

RMo

Rev.

-





Leirskred Døla, Mosjøen

Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE)

Totalsondering 4

Status

—

Original format

A-4

Tegningens filnavn

Totalsonderinger\_datarapport.dwg

Målestokk

1:200



**NGI**  
Sognsveien 72 - PO Box 3930 Ullevål Stadion  
NO-0806 Oslo, Norway  
T: (+47) 22 02 30 00 F: (+47) 22 23 04 48  
www.ngi.no

Dato

2013-01-18

Oppdragsnr.

20110544

Konstr./Tegnet

RMo

Tegningsnr.

B3

Kontrollert

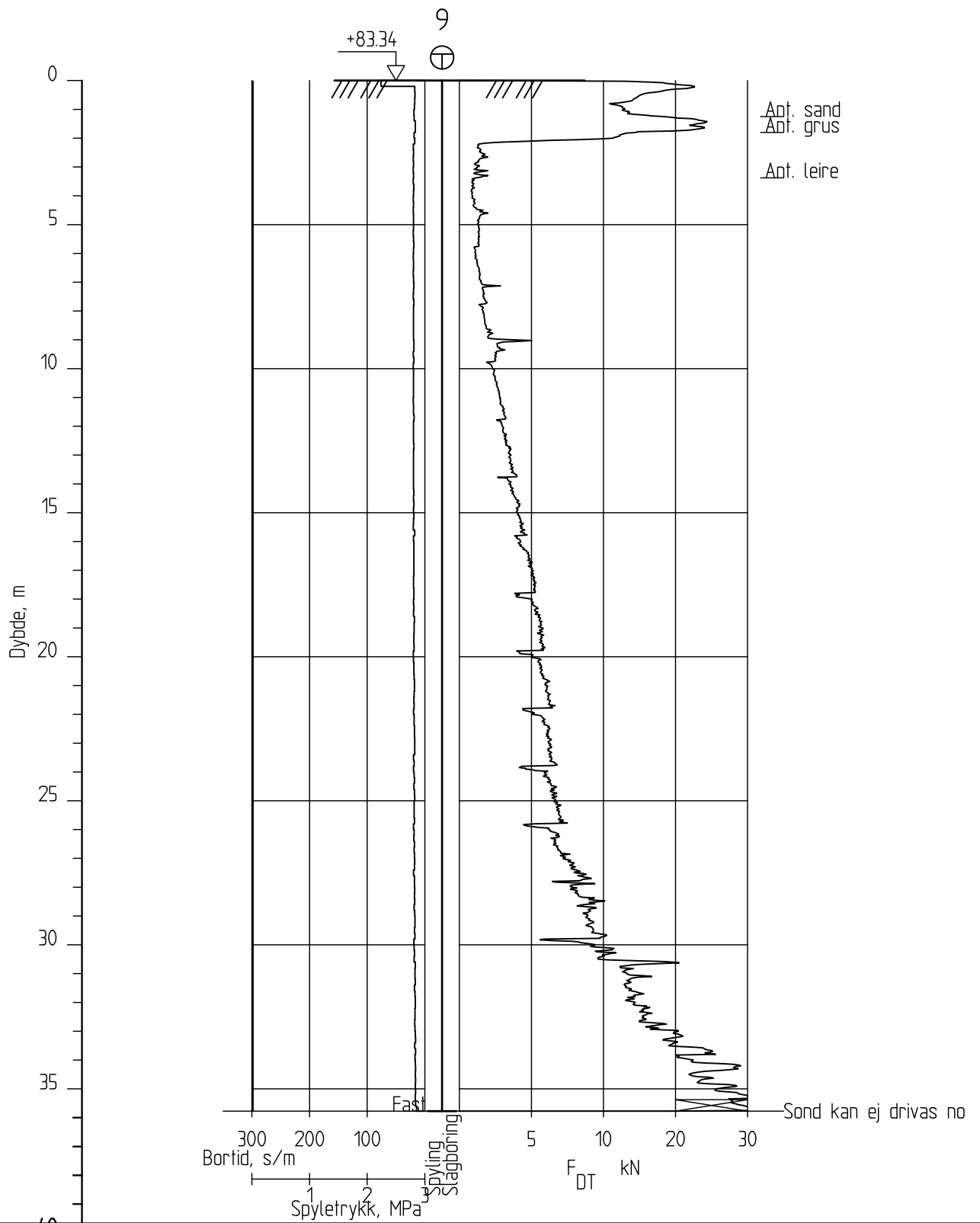
JSL


Godkjent

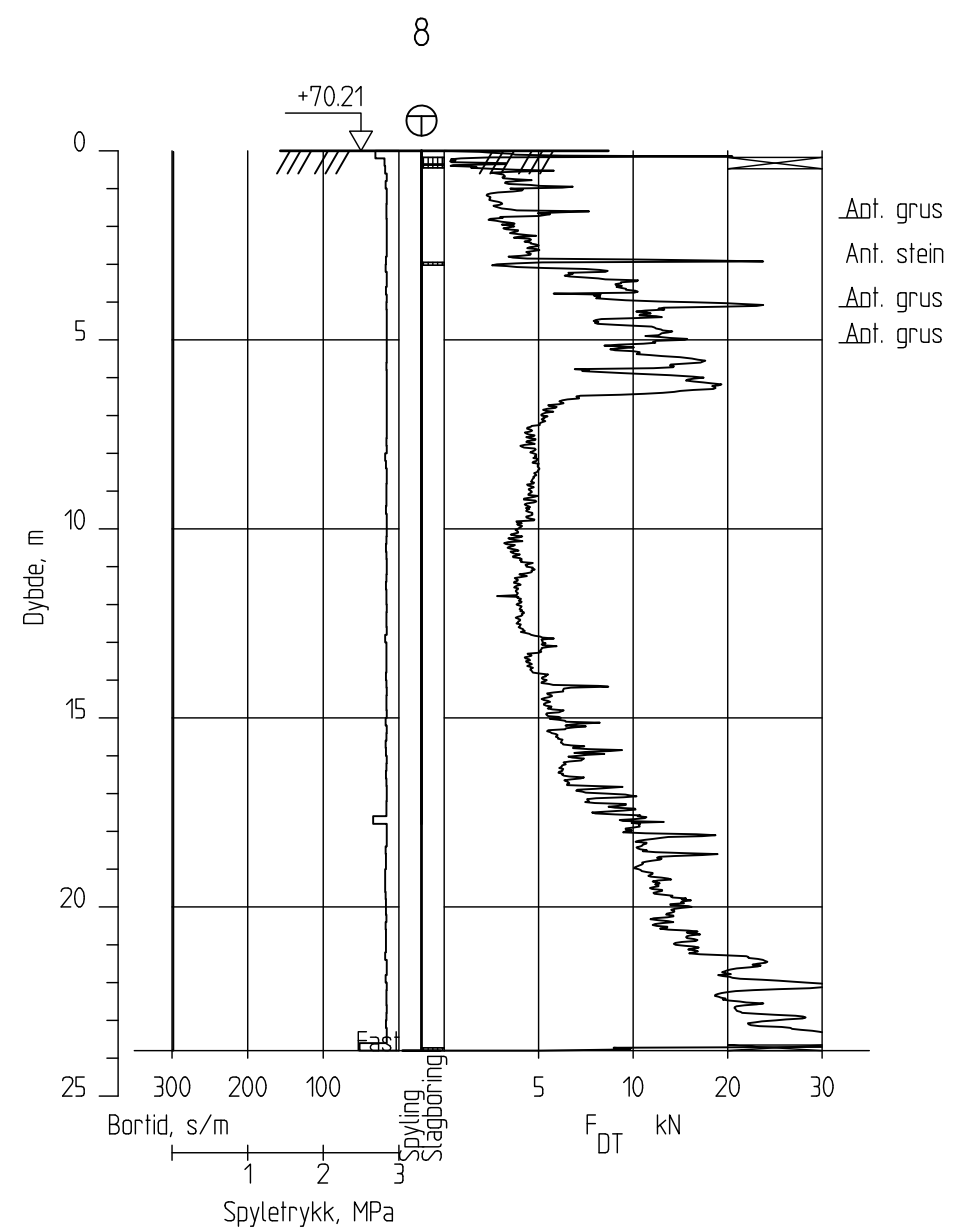
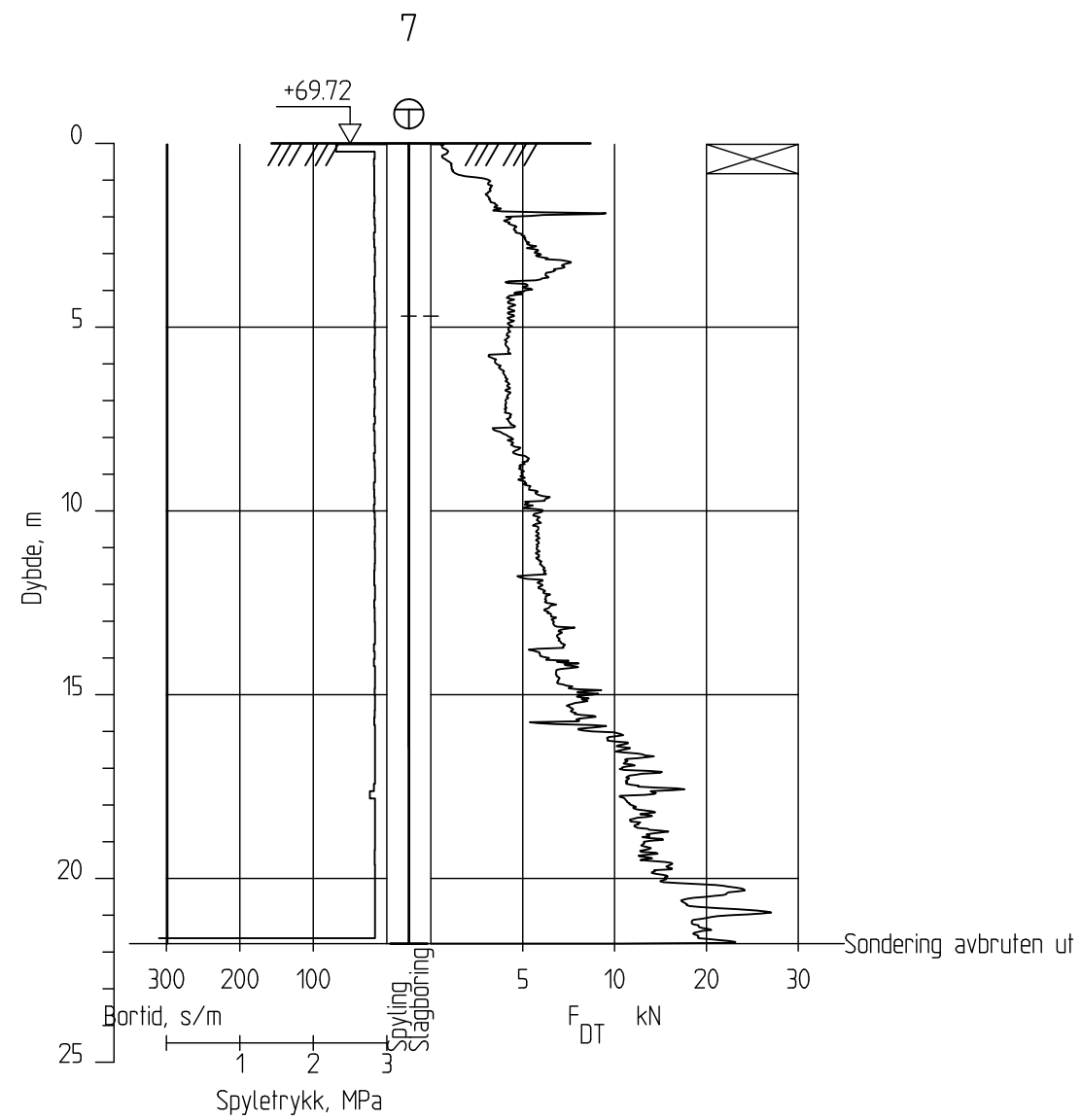
RMo

Rev.

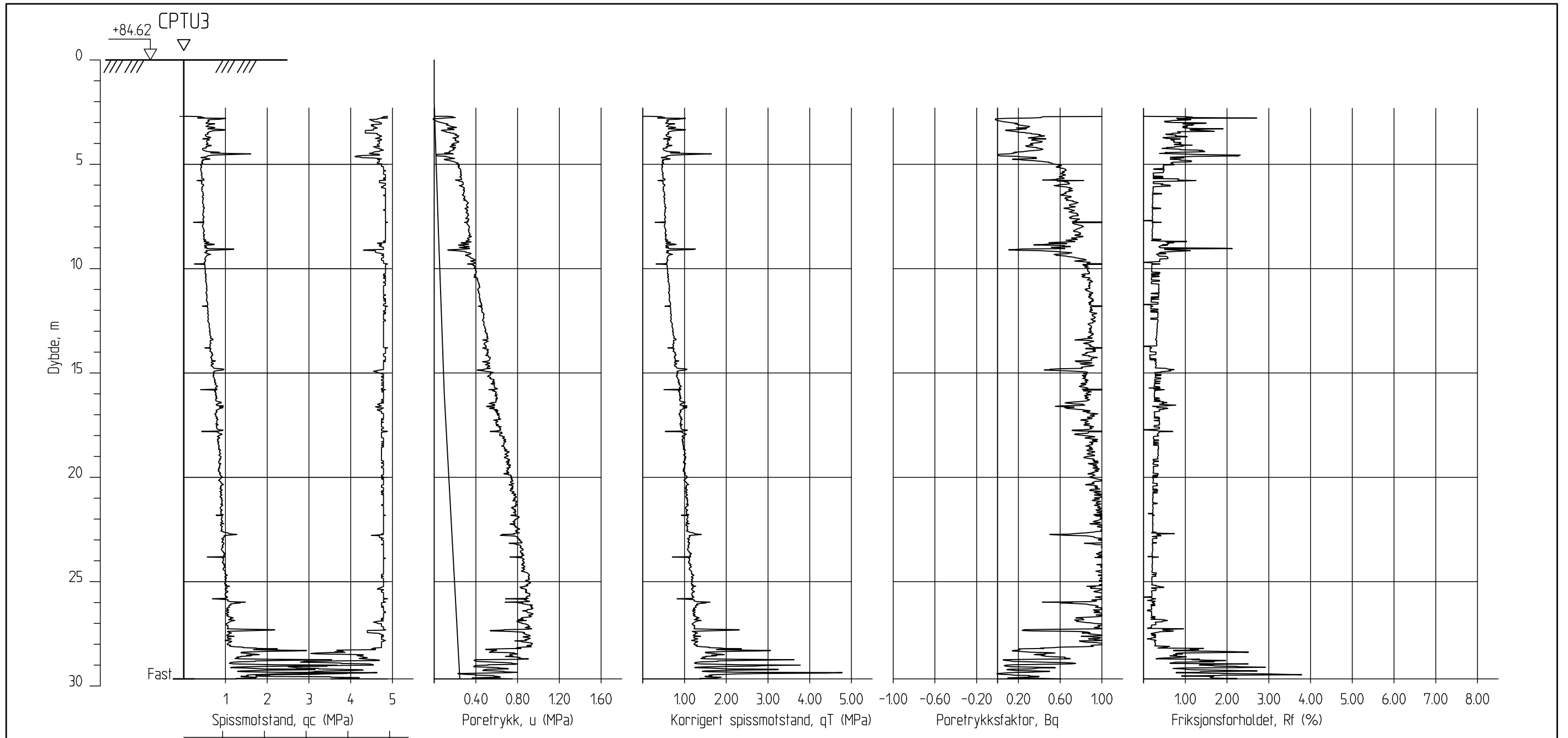
—




<b>Leirskred Døla, Mosjøen</b> <b>Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE)</b>		Status	-					
		Original format	A-4					
<b>Totalsondering 9</b>		Tegningens filnavn	Totalsonderinger_datarapport.dwg					
		Målestokk	1:200					
<b>NGI</b> Sognsveien 72 - PO Box 3930 Ullevål Stadion NO-0806 Oslo, Norway T: (+47) 22 02 30 00 F: (+47) 22 23 04 48 www.ngi.no	Dato	2013-01-18	Konstr./Tegnet	RMo	Kontrollert	JSL	Godkjent	RMo
	Oppdragsnr.	20110544		Tegningsnr.	B4		Rev.	-




-	-	-	-	-	-
Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
Leirskred Døla, Mosjøen		Status			
Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE)		Original format			
Totalsondering 7 og 8		A-3			
		Tegningens filnavn			
		Totalsonderinger datarapport.dwg			
		Målestokk	NGI		
		1:200			
NGI		Dato	Konstr./Tegnet	Kontrollert	Godkjent
Sognsveien 72 - PO Box 3930 Ullevål Stadion		2013-01-18	RMo	JSL	RMo
NO-0806 Oslo, Norway		Oppdragsnr.	Tegningsnr.	Rev.	
T: (+47) 22 02 30 00 F: (+47) 22 23 04 48		20110544	B5	-	
www.ngi.no					

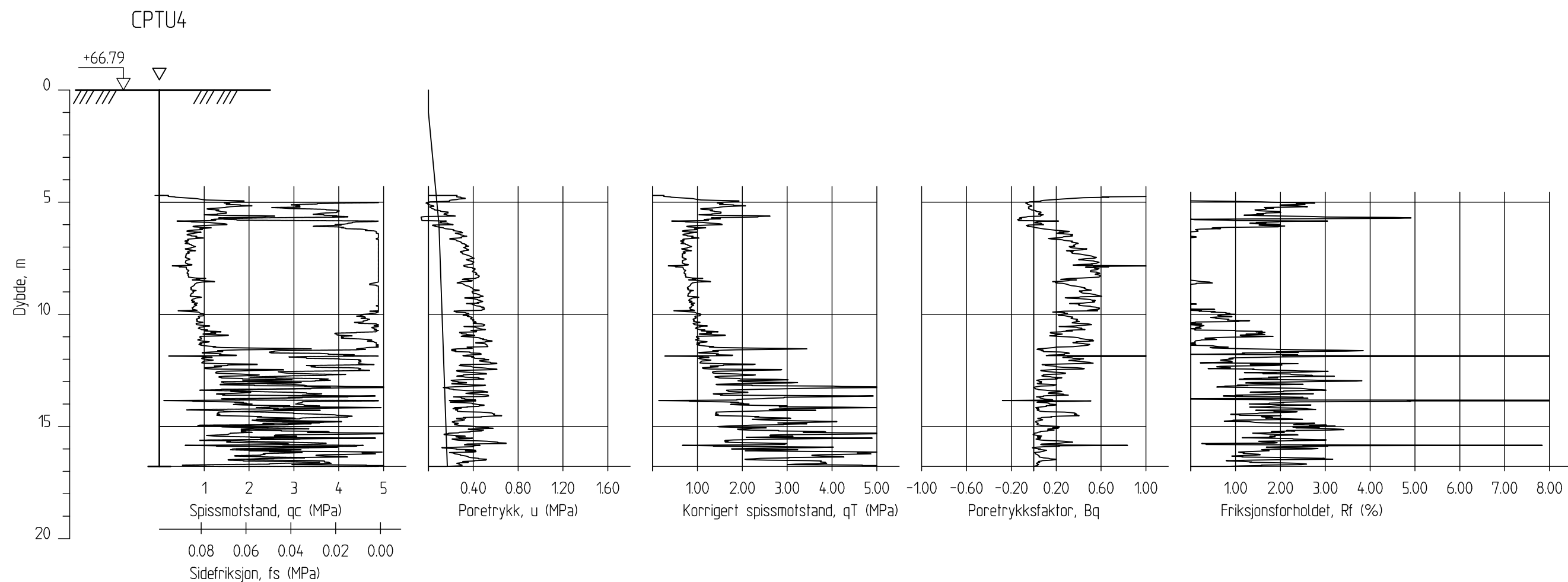


0.08 0.06 0.04 0.02 0.00  
Sidedrifksjon, fs (MPa)

-	-	-	-	-	-
Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
Leirskred Døla, Mosjøen Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE)		Status	-		
CPTU-sondering, borpunkt nr. 3		Original format	A-3		
		Tegningens filnavn	Totalsonderinger datarapport.dwg		
		Målestokk	1:200		
NGI Sognsveien 72 - PO Box 3930 Ullevål Stadion NO-0806 Oslo, Norway T: (+47) 22 02 30 00 F: (+47) 22 23 04 48 www.ngi.no		Dato	Konstr./Tegnet	Kontrollert	Godkjent
		2013-01-18	RMo	JSL	RMo
		Oppdragsnr.	Tegningsnr.	Rev.	
		20110544	B10	-	


# DOKUMENTASJON MÅLEDATA - GEOTECH SONDER

Sonde nr.:	4365	Oppløsning:	18-bit	
SONDEDATA				
Arealforhold, a:	0.801	Arealforhold, b:	0	
Kalibreringsdato:	2010-12-21	Utførende:	Geotech AB	
EGENSKAP (fra kalibreringsark)	<b>SPISSMOTSTAND</b>	<b>SIDEFRIKSJON</b>	<b>PORETRYKK</b>	
Maksimum spenning [MPa]	50	0.5	2	
Måleområde [MPa]:	50	0.5	2	
Oppløsning 12-bit:	-	-	-	
Oppløsning 18-bit:	0.646	0.0103	0.0188	
Max. temp. effekt, ubelastet [kPa]:	16.15	0.2575	0.9212	
Temperaturområde [°C]:	0-40	0-40	0-40	
Merknad:				
UTFØRELSE				
Borpunkt nr.:	3	Dato:	2011-06-29	
Borleder:	Rundmo, Odd-Einar	Assistent:	Ingen	
Filtertype:	Ferdigmettet porøsfilter	Mettningsmedium:	Frostvæske	
Forankring:	Nei	Sondetemperatur start [°C]:	11.31	
Forboring [m]:	2.7	Sondetemperatur slutt [°C]:	5.51	
Sum boring [m]:	29.6	Kontroll skriver [m]:	29.66	
Avstand mellom målinger [mm]:	20	Max. helning [°]:	2.63	
Merknad:				
MÅLEVARIALE				
EGENSKAP	<b>SPISSMOTSTAND</b>	<b>SIDEFRIKSJON</b>	<b>PORETRYKK</b>	
Maksimal temperatureffekt [kPa]:	2.3418	0.0373	0.1336	
NULLPUNKTKONTROLL				
FAKTOR	<b>NA (q)</b>	<b>NB (f)</b>	<b>NC (u)</b>	
Før sondering:				
Etter sondering:				
Avvik [MPa/kPa/kPa]:	-0.0045	-0.2	-0.3	
NØYAKTIGHETSVURDERING GEOTECH - VURDERING AV ANVENDELSESKLASSE				
MÅLESTØRRELSE	<b>SPISSMOTSTAND</b>	<b>SIDEFRIKSJON</b>	<b>PORETRYKK</b>	
Samlet nøyaktighet, $\Delta_{TOT}$ [kPa]:	7.4878	0.2476	0.4524	
Tillatt nøyaktighet A1, $\Delta_k$ [kPa]:	35	5	10	
Tillatt nøyaktighet A2, $\Delta_k$ [kPa]:	100	15	25	
Tillatt nøyaktighet A3, $\Delta_k$ [kPa]:	200	25	50	
ANVENDELSESKLASSE:	1	1	1	
Vurdering profil:				
Oppdragsgiver: <b>NVE Vefsn</b> Dokumentasjon av utstyr og målenøyaktighet	Oppdrag: <b>Leirskred Døla</b>			
Borpunkt nr.:	3	Sonde:	4365	
	Dato:	2011-06-29	Tegnet:	OER
	Oppdragsnr.:	6110620	Bilag nr.:	-
		Kontrollert:		



-	-	-	-	-	-
Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
	Leirskred Døla, Mosjøen	Status			
	Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE)	Original format			
	CPTU-sondering, borpunkt nr. 4	A-3			
		Tegningens filnavn			
		Totalsonderinger datarapport.dwg			
		Målestokk			
		1:200			
	NGI	Dato	Konstr./Tegnet	Kontrollert	Godkjent
	Sognsveien 72 - PO Box 3930 Ullevål Stadion	2013-01-18	RMo	JSL	RMo
	NO-0806 Oslo, Norway	Oppdragsnr.	Tegningsnr.	Rev.	
	T: (+47) 22 02 30 00 F: (+47) 22 23 04 48	20110544	B12	-	
	www.ngi.no				


# DOKUMENTASJON MÅLEDATA - GEOTECH SONDER

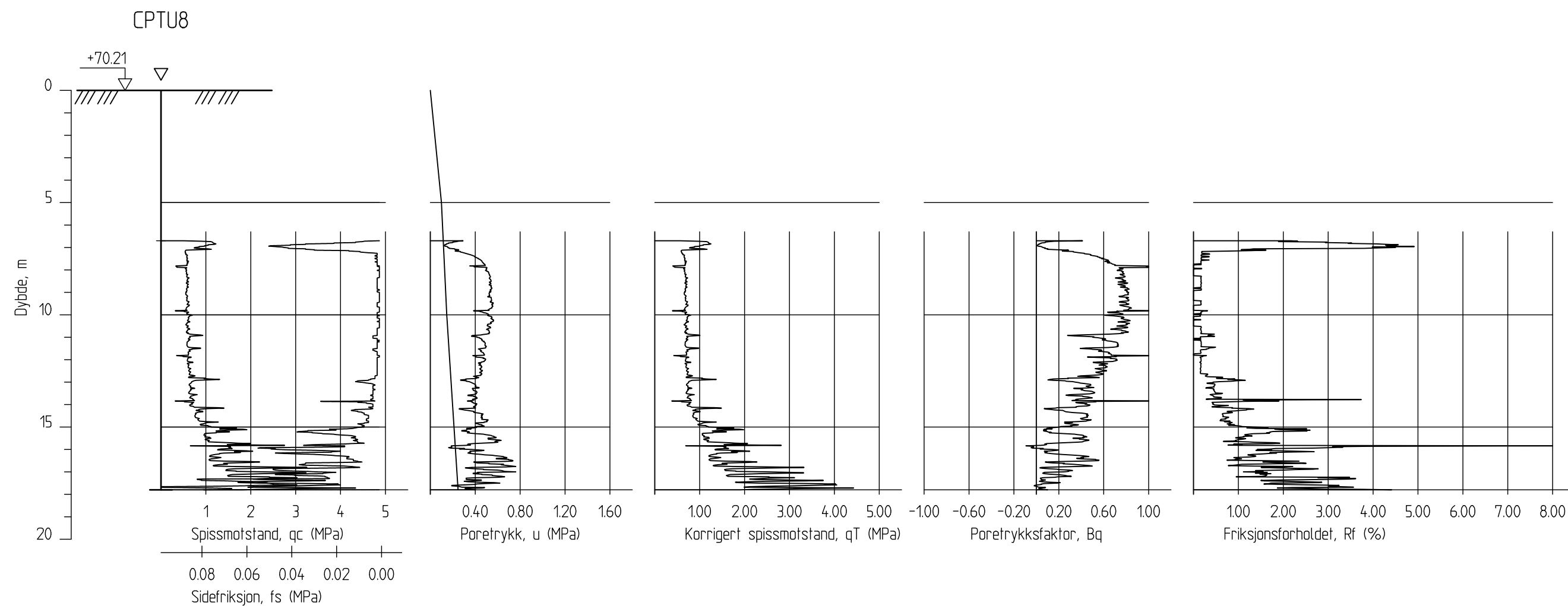
Sonde nr.:	4365	Oppløsning:	18-bit	
SONDEDATA				
Arealforhold, a:	0.801	Arealforhold, b:	0	
Kalibreringsdato:	2010-12-21	Utførende:	Geotech AB	
EGENSKAP (fra kalibreringsark)	<b>SPISSMOTSTAND</b>	<b>SIDEFRIKSJON</b>	<b>PORETRYKK</b>	
Maksimum spenning [MPa]	50	0.5	2	
Måleområde [MPa]:	50	0.5	2	
Oppløsning 12-bit:	-	-	-	
Oppløsning 18-bit:	0.646	0.0103	0.0188	
Max. temp. effekt, ubelastet [kPa]:	16.15	0.2575	0.9212	
Temperaturområde [°C]:	0-40	0-40	0-40	
Merknad:				
UTFØRELSE				
Borpunkt nr.:	4	Dato:	2011-06-29	
Borleder:	Rundmo, Odd-Einar	Assistent:	Ingen	
Filtertype:	Ferdigmettet porøsfilter	Mettningsmedium:	Frostvæske	
Forankring:	Nei	Sondetemperatur start [°C]:	16.89	
Forboring [m]:	4.7	Sondetemperatur slutt [°C]:	6.74	
Sum boring [m]:	16.75	Kontroll skriver [m]:	16.78	
Avstand mellom målinger [mm]:	20	Max. helning [°]:	2.14	
Merknad:				
MÅLEVARIALE				
EGENSKAP	<b>SPISSMOTSTAND</b>	<b>SIDEFRIKSJON</b>	<b>PORETRYKK</b>	
Maksimal temperatureffekt [kPa]:	4.0981	0.0653	0.2338	
NULLPUNKTKONTROLL				
FAKTOR	<b>NA (q)</b>	<b>NB (f)</b>	<b>NC (u)</b>	
Før sondering:				
Etter sondering:				
Avvik [MPa/kPa/kPa]:	0.0026	-0.3	-0.9	
NØYAKTIGHETSVURDERING GEOTECH - VURDERING AV ANVENDELSESKLASSE				
MÅLESTØRRELSE	<b>SPISSMOTSTAND</b>	<b>SIDEFRIKSJON</b>	<b>PORETRYKK</b>	
Samlet nøyaktighet, $\Delta_{TOT}$ [kPa]:	7.3441	0.3756	1.1526	
Tillatt nøyaktighet A1, $\Delta_k$ [kPa]:	35	5	10	
Tillatt nøyaktighet A2, $\Delta_k$ [kPa]:	100	15	25	
Tillatt nøyaktighet A3, $\Delta_k$ [kPa]:	200	25	50	
ANVENDELSESKLASSE:	1	1	1	
Vurdering profil:				
Oppdragsgiver: <b>NVE</b> Dokumentasjon av utstyr og målenøyaktighet	Oppdrag: <b>Leirskred Døla</b>			
Borpunkt nr.:	4	Sonde:	4365	
	Dato:	2011-06-29	Tegnet:	OER
	Oppdragsnr.:	6110620	Bilag nr.:	-
		Kontrollert:		






# DOKUMENTASJON MÅLEDATA - GEOTECH SONDER

Sonde nr.:	4365	Oppløsning:	18-bit	
SONDEDATA				
Arealforhold, a:	0.801	Arealforhold, b:	0	
Kalibreringsdato:	2010-12-21	Utførende:	Geotech AB	
EGENSKAP (fra kalibreringsark)	SPISSMOTSTAND	SIDEFRIKSJON	PORETRYKK	
Maksimum spenning [MPa]	50	0.5	2	
Måleområde [MPa]:	50	0.5	2	
Oppløsning 12-bit:	-	-	-	
Oppløsning 18-bit:	0.646	0.0103	0.0188	
Max. temp. effekt, ubelastet [kPa]:	16.15	0.2575	0.9212	
Temperaturområde [°C]:	0-40	0-40	0-40	
Merknad:				
UTFØRELSE				
Borpunkt nr.:	9	Dato:	2011-06-30	
Borleder:	Rundmo, Odd-Einar	Assistent:	Ingen	
Filtertype:	Ferdigmettet porøsfiler	Mettningsmedium:	Frostvæske	
Forankring:	Nei	Sondetemperatur start [°C]:	5.32	
Forboring [m]:	4.7	Sondetemperatur slutt [°C]:	5.09	
Sum boring [m]:	16.41	Kontroll skriver [m]:	16.42	
Avstand mellom målinger [mm]:	20	Max. helning [°]:	1.88	
Merknad:				
MÅLEVARIALE				
EGENSKAP	SPISSMOTSTAND	SIDEFRIKSJON	PORETRYKK	
Maksimal temperatureffekt [kPa]:	0.0929	0.0015	0.0053	
NULLPUNKTKONTROLL				
FAKTOR	NA (q)	NB (f)	NC (u)	
Før sondering:				
Etter sondering:				
Avvik [MPa/kPa/kPa]:	0.0026	-0.1	6.2	
NØYAKTIGHETSVURDERING GEOTECH - VURDERING AV ANVENDELSESKLASSE				
MÅLESTØRRELSE	SPISSMOTSTAND	SIDEFRIKSJON	PORETRYKK	
Samlet nøyaktighet, $\Delta_{TOT}$ [kPa]:	3.3389	0.1118	6.2241	
Tillatt nøyaktighet A1, $\Delta_k$ [kPa]:	35	5	10	
Tillatt nøyaktighet A2, $\Delta_k$ [kPa]:	100	15	25	
Tillatt nøyaktighet A3, $\Delta_k$ [kPa]:	200	25	50	
ANVENDELSESKLASSE:	1	1	1	
Vurdering profil:				
Oppdragsgiver: <b>NVE</b> Dokumentasjon av utstyr og målenøyaktighet	Oppdrag: <b>Leirskred Døla</b>			
Borpunkt nr.:	7	Sonde:	4365	
	Dato:	2011-06-30	Tegnet:	OER
	Oppdragsnr.:	6110620	Bilag nr.:	-
		Kontrollert:		

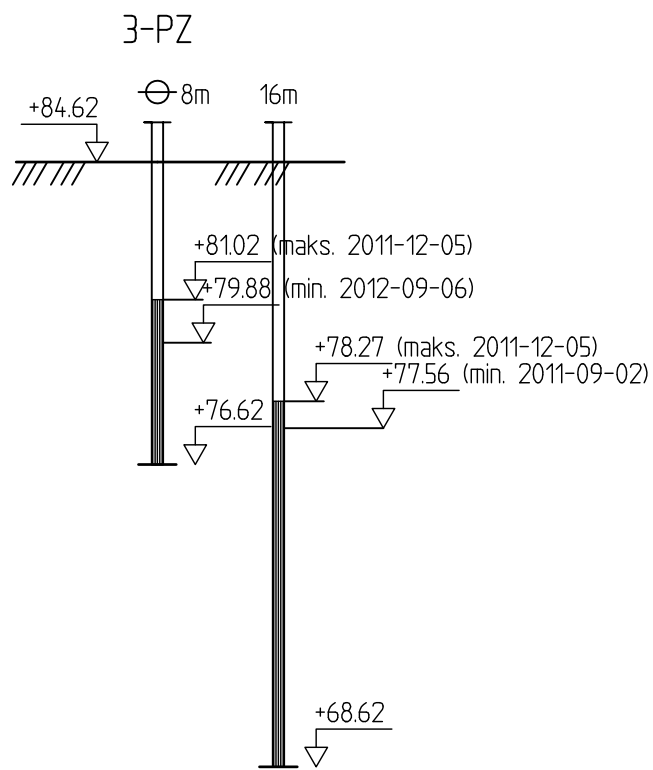


-	-	-	-	-	-
Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
	<b>Leirskred Døla, Mosjøen</b> <b>Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE)</b>  CPTU-sondering, borpunkt nr. 8	Status	-		
		Original format	A-3		
		Tegningens filnavn	Totalsonderinger datarapport.dwg		
	Målestokk	1:200			
<b>NGI</b> Sognsveien 72 - PO Box 3930 Ullevål Stadion NO-0806 Oslo, Norway T: (+47) 22 02 30 00 F: (+47) 22 23 04 48 www.ngi.no		Dato	Konstr./Tegnet	Kontrollert	Godkjent
		2013-01-18	RMo	JSL	RMo
		Oppdragsnr.	Tegningsnr.	Rev.	
		20110544	B16	-	

# DOKUMENTASJON MÅLEDATA - GEOTECH SONDER

Sonde nr.:	4365	Oppløsning:	18-bit	
SONDEDATA				
Arealforhold, a:	0.801	Arealforhold, b:	0	
Kalibreringsdato:	2010-12-21	Utførende:	Geotech AB	
EGENSKAP (fra kalibreringsark)	<b>SPISSMOTSTAND</b>	<b>SIDEFRIKSJON</b>	<b>PORETRYKK</b>	
Maksimum spenning [MPa]	50	0.5	2	
Måleområde [MPa]:	50	0.5	2	
Oppløsning 12-bit:	-	-	-	
Oppløsning 18-bit:	0.646	0.0103	0.0188	
Max. temp. effekt, ubelastet [kPa]:	16.15	0.2575	0.9212	
Temperaturområde [°C]:	0-40	0-40	0-40	
Merknad:				
MÅLEVARIALE				
Borpunkt nr.:	8	Dato:	2011-06-30	
Borleder:	Rundmo, Odd-Einar	Assistent:	Ingen	
Filtertype:	Ferdigmettet porøsfiler	Mettningsmedium:	Frostvæske	
Forankring:	Nei	Sondetemperatur start [°C]:	14.02	
Forboring [m]:	6.7	Sondetemperatur slutt [°C]:	5.74	
Sum boring [m]:	17.8	Kontroll skriver [m]:	17.8	
Avstand mellom målinger [mm]:	20	Max. helning [°]:	2.33	
Merknad:				
MÅLEVARIALE				
EGENSKAP	<b>SPISSMOTSTAND</b>	<b>SIDEFRIKSJON</b>	<b>PORETRYKK</b>	
Maksimal temperatureffekt [kPa]:	3.3431	0.0533	0.1907	
NULLPUNKTKONTROLL				
FAKTOR	<b>NA (q)</b>	<b>NB (f)</b>	<b>NC (u)</b>	
Før sondering:				
Etter sondering:				
Avvik [MPa/kPa/kPa]:	-0.0084	0.1	-0.6	
NØYAKTIGHETSVURDERING GEOTECH - VURDERING AV ANVENDELSESKLASSE				
MÅLESTØRRELSE	<b>SPISSMOTSTAND</b>	<b>SIDEFRIKSJON</b>	<b>PORETRYKK</b>	
Samlet nøyaktighet, $\Delta_{TOT}$ [kPa]:	12.3891	0.1636	0.8095	
Tillatt nøyaktighet A1, $\Delta_k$ [kPa]:	35	5	10	
Tillatt nøyaktighet A2, $\Delta_k$ [kPa]:	100	15	25	
Tillatt nøyaktighet A3, $\Delta_k$ [kPa]:	200	25	50	
ANVENDELSESKLASSE:	1	1	1	
Vurdering profil:				
Oppdragsgiver: <b>NVE Vefsn</b> Dokumentasjon av utstyr og målenøyaktighet	Oppdrag: <b>Leirskred Døla</b>			
Borpunkt nr.:	8	Sonde:	4365	
	Dato:	2011-06-30	Tegnet:	OER
	Oppdragsnr.:	611620	Bilag nr.:	-

Vedlegg B17



Leirskred Døla, Mosjøen

Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE)

Poretrykksmåling, borpunkt nr. 3

Status

—

Original format

A-4

Tegningens filnavn

Totalsonderinger\_datarapport.dwg

Målestokk

1:200



**NGI**  
 Sognsveien 72 - PO Box 3930 Ullevål Stadion  
 NO-0806 Oslo, Norway  
 T: (+47) 22 02 30 00 F: (+47) 22 23 04 48  
 www.ngi.no

Dato

2013-01-18

Oppdragsnr.

20110544

Konstr./Tegnet

RMo

Tegningsnr.

B20

Kontrollert

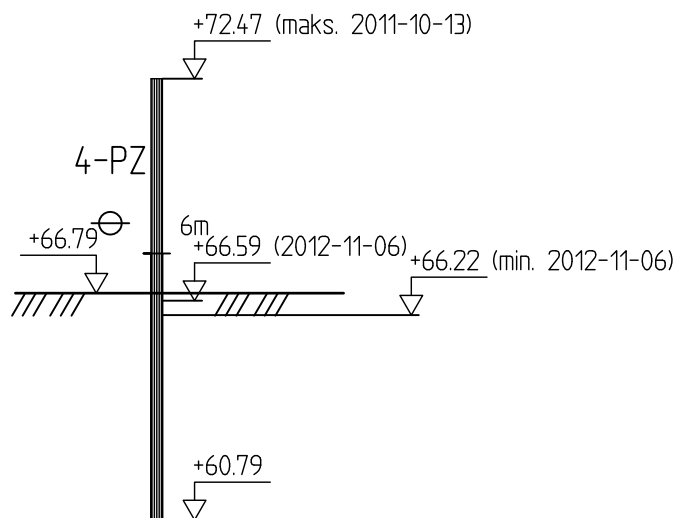
JSL

Godkjent

RMo

Rev.

—



<b>Leirskred Døla, Mosjøen</b> <b>Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE)</b>		Status —		
		Original format A-4		
Poretrykksmåling, borpunkt nr. 4		Tegningens filnavn Totalsonderinger_datarapport.dwg		
		Målestokk  1:200		
<b>NGI</b> Sognsveien 72 - PO Box 3930 Ullevål Stadion NO-0806 Oslo, Norway T: (+47) 22 02 30 00 F: (+47) 22 23 04 48 www.ngi.no	Dato 2013-01-18	Konstr./Tegnet RMo	Kontrollert JSL	Godkjent RMo
	Oppdragsnr. <b>20110544</b>	Tegningsnr. <b>B21</b>		Rev. —



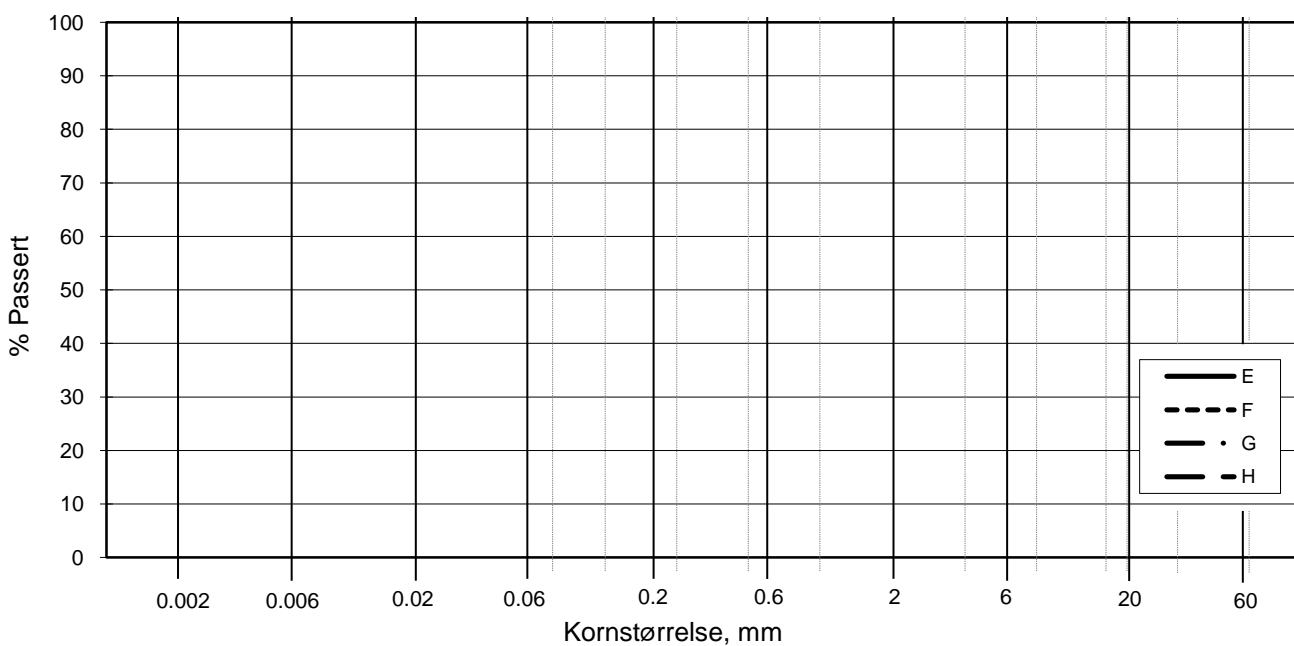
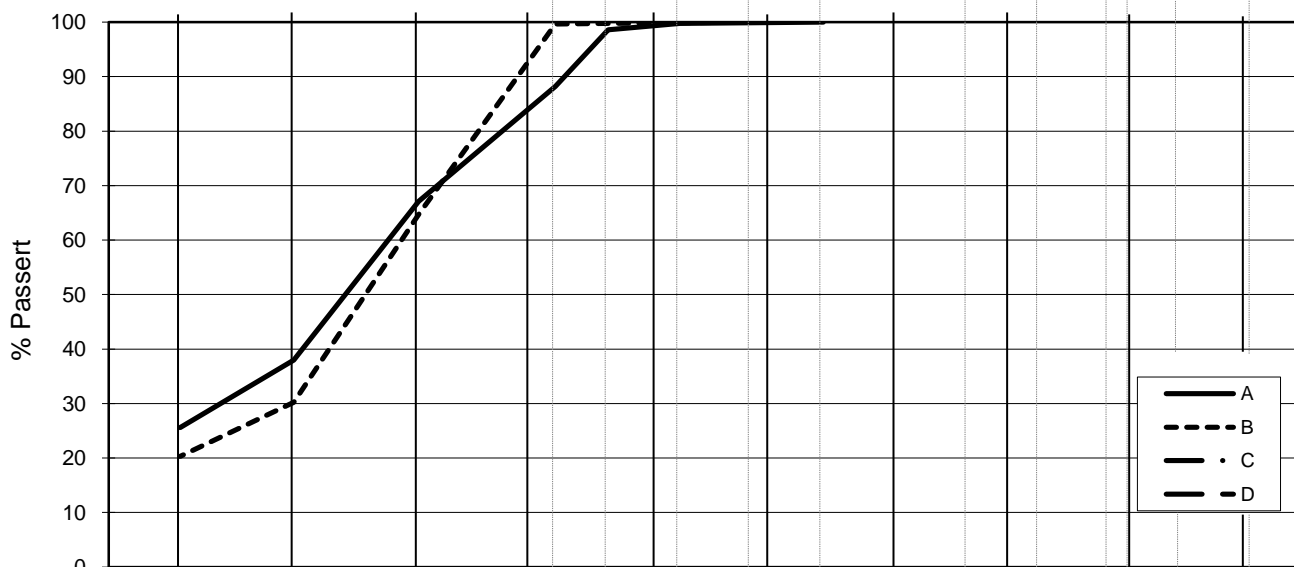
## VEDLEGG B22 : Samletabell for poretrykksmålinger

Hullnr.	3				4		7				10A							
Dybde juni 11	8		16		6		5.2		10.2		5		10					
Dybde okt. 11	8		16		6		5.2		10.2		5		10					
Dybde okt. 12	8		16		8.8		7.1		12.1		5		10					
Dato	Vann- søyle [m]	Trykk [kPa]	Vann- søyle [m]	Trykk [kPa]	Vann- søyle [m]	Trykk [kPa]	Vann- søyle [m]	Trykk [kPa]	Vann- søyle [m]	Trykk [kPa]	Vann- søyle [m]	Trykk [kPa]	Vann- søyle [m]	Trykk [kPa]				
2011-07-14	3.46	34.6	9.23	92.3	8.87	88.7												
2011-08-19	3.34	33.4	9.05	90.5	8.46	84.6												
2011-08-30	3.35	33.5	9	90	8.95	89.5												
2011-08-31	3.37	33.7	8.98	89.8	8.84	88.4												
2011-09-02	3.34	33.4	8.96	89.6	8.87	88.7												
2011-09-12	3.5	35	8.97	89.7	9.53	95.3												
2011-10-11	4.33	43.3	9.42	94.2	9.43	94.3	9.86	98.6	17.19	171.9								
2011-10-13					9.62	96.2	9.96	99.6	17.25	172.5								
2011-10-13					9.73	97.3	10.99	109.9	18.41	184.1								
2011-10-13							10.87	108.7	18.61	186.1								
2011-10-13					11.67	116.7	10.77	107.7	18.3	183								
2011-10-17					9.86	98.6	10.22	102.2	16.5	165								
2011-10-17					9.85	98.5	10.35	103.5	16.39	163.9								
2011-10-18	4.32	43.2	9.46	94.6	9.62	96.2	10.25	102.5	16.23	162.3								
2011-10-19					9.37	93.7	10.17	101.7	15.95	159.5								
2011-10-20					9.17	91.7	10.13	101.3	15.7	157								
2011-10-21					8.97	89.7	10.07	100.7	15.45	154.5								
2011-10-24							9.93	99.3	14.83	148.3								
2011-10-25					8.83	88.3	9.93	99.3	14.6	146								
2011-10-27					10.22	102.2	9.86	98.6	14.24	142.4								
2011-10-28	4.27	42.7	9.48	94.8	10.03	100.3	9.79	97.9	14.09	140.9								
2011-10-31					9.59	95.9	9.61	96.1	13.69	136.8								
2011-11-01					9.84	98.4	9.69	96.9	13.87	138.7								
2011-11-02					10.55	105.5	9.63	96.3	13.96	139.6								
2011-11-07					9.63	96.3	11.18	111.8	14.49	144.9								
2011-11-08					9.6	96	12.1	121	14.75	147.5								
2011-11-09					9.81	98.1	12.28	122.8	14.59	145.9								
2011-11-10					9.93	99.3	12.34	123.4	14.53	145.3								
2011-11-14					9.38	93.8	13.86	138.6	13.78	137.8								
2011-11-16					9.23	92.3	13.12	131.2	14.33	143.2								
2011-11-17	4.25	42.5	9.59	95.9	9.11	91.1	12.97	129.7	14.4	144								
2011-11-21					8.73	87.3	12.52	125.2	13.69	136.9								
2011-11-23					8.6	86	12.65	126.5	13.5	135								
2011-11-25					8.89	88.9	12.49	124.9	13.3	133								
2011-11-30					8.56	85.6	12.14	121.4	12.91	129.1								
2011-12-05	4.36	43.6	9.67	96.7	8.27	82.7	11.61	116.1	12.59	125.9								
2012-02-03	3.87	38.7	9.55	95.5	6.44	64.4	8.05	80.5	10.7	107								
2012-02-16	3.87	38.7	9.51	95.1	6.4	64	8.89	88.9	10.64	106.4								
2012-02-29					6.19	61.9	8.64	86.4	10.47	104.7								
2012-03-27					6.53	65.3	8.09	80.9	10.42	104.2								
2012-04-13	4.17	41.7			6.18	61.8	7.82	78.2	10.22	102.2								
2012-05-21	4.17	41.7			6.22	62.2	7.14	71.4	10.09	100.9								
2012-07-03	3.69	36.9	9.42	94.2	5.57	55.7	6.46	64.6	9.71	97.1								
2012-08-16	3.41	34.1	9.11	91.1	5.42	54.2	5.89	58.9	9.57	95.7								
2012-09-06	3.22	32.2	8.99	89.9	5.51	55.1	5.89	58.9	9.74	97.4								
2012-10-01	3.99	39.9	9.03	90.3	5.9	59	6	60	9.88	98.8								
2012-10-11	4.03	40.3	9.11	91.1	5.86	58.6	6.22	62.2	9.88	98.8	6.59	65.9	13.82	138.2				
2012-10-22	3.99	39.9	9.13	91.3	5.66	56.6	6.01	60.1	9.77	97.7	6.4	64	13.71	137.1				
2012-11-06	4.06	40.6	9.22	92.2	5.79	57.9	5.83	58.3	9.77	97.7	6.41	64.1	13.77	137.7				
2013-01-11	3.56	35.6			5.36	53.6	5.25	52.5	9.51	95.1	6.07	60.7	13.57	135.7				
Maks.verdier*	4.36	43.60	9.67	96.70	11.67	116.70	13.12	131.20	18.61	186.10	6.59	65.90	13.82	138.20				
Min.verdier*	3.22	32.20	8.96	89.60	5.36	53.60	5.25	52.50	9.51	95.10	6.07	60.70	13.57	135.70				
Gjennomsnitt*	3.82	38.23	9.24	92.44	8.39	83.88	9.69	96.88	13.46	134.64	6.37	63.68	13.72	137.18				

\*Målinger utført den første uken etter montering er ikke tatt med




L E I R	SILT			SAND			GRUS							
	Fin	Middels	Grov	Fin	Middels	Grov	Fin	Middels	Grov					
US Standard Sikt				200	100	50	30	16	8	4	3/8"	3/4"	1.5"	3"
ISO Standard Sikt				.075	.125	.25	.5	1	2	4	8	16	31.5	63



Kurve	Hull nr.	Prøve nr.	Dybde m	$C_u$ ( $d_{60} / d_{10}$ )	Tele gr.	Leir innh. %	Jordartsbetegnelse	Metode tørr/våt sikt
A	3	2-a	4.55		T4	25.6	LEIRE, siltig	Fall
B	3	4-b	8.55		T4	20.3	LEIRE, siltig	Fall
C								
D								
E								
F								
G								
H								

Rev. NT-12 / Dato 2010-11-22 / Sign. SKEEB

P:\2011\05\20110544\Laboratorium\Rutine\kornfordeling1.xls\Plot

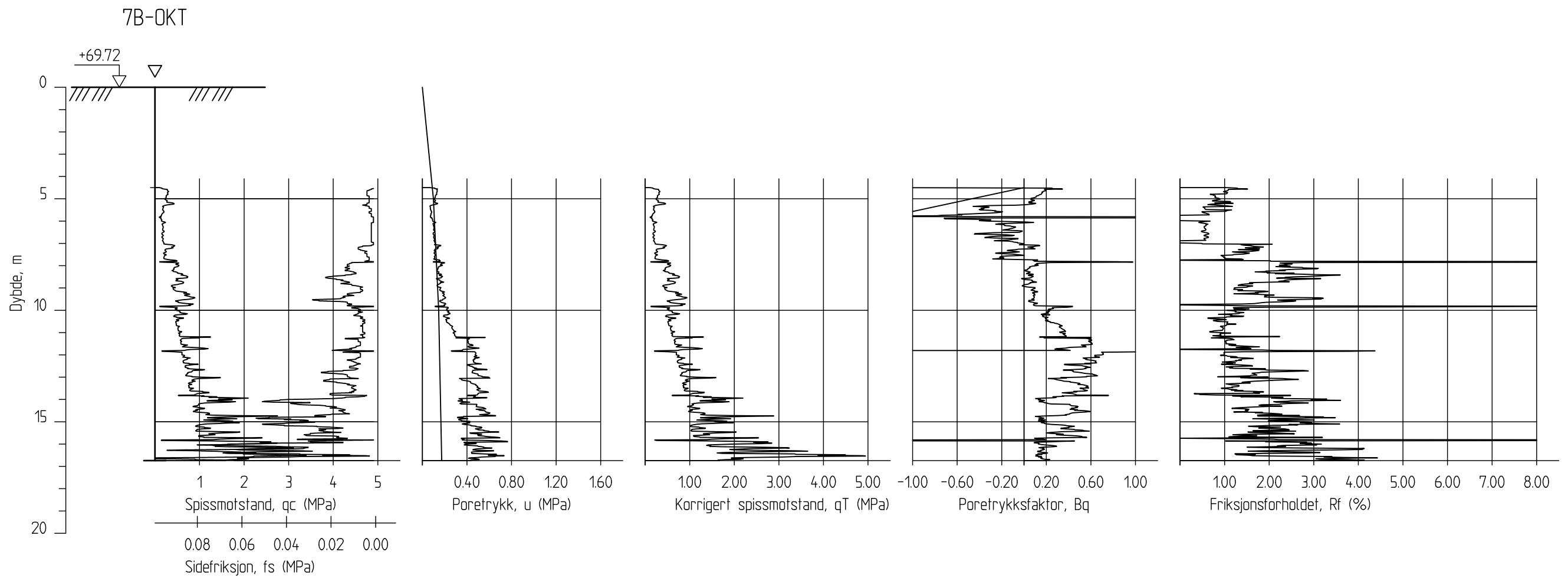
<b>Leirskred Døla, Mosjøen</b>	Dokumentnr.	20110544
	Dato	2011-07-28
Kornfordelingskurver	Figurnr.	<b>B31</b>
	Tegnet av	Jla/
		

# Vedlegg C - Grunnundersøkelser – oktober 2011

## Innhold


### Vedlegg

C1	CPTU-sondering, borpunkt 7
C2	Kvalitet - CPTU, borpunkt 7
C3	CPTU-sondering, borpunkt 8
C4	Kvalitet - CPTU, borpunkt 8
C10	Poretrykksmåling, borpunkt 7
C11	Samletabell for poretrykksmålinger
C20	Borporfil, borpunkt 7

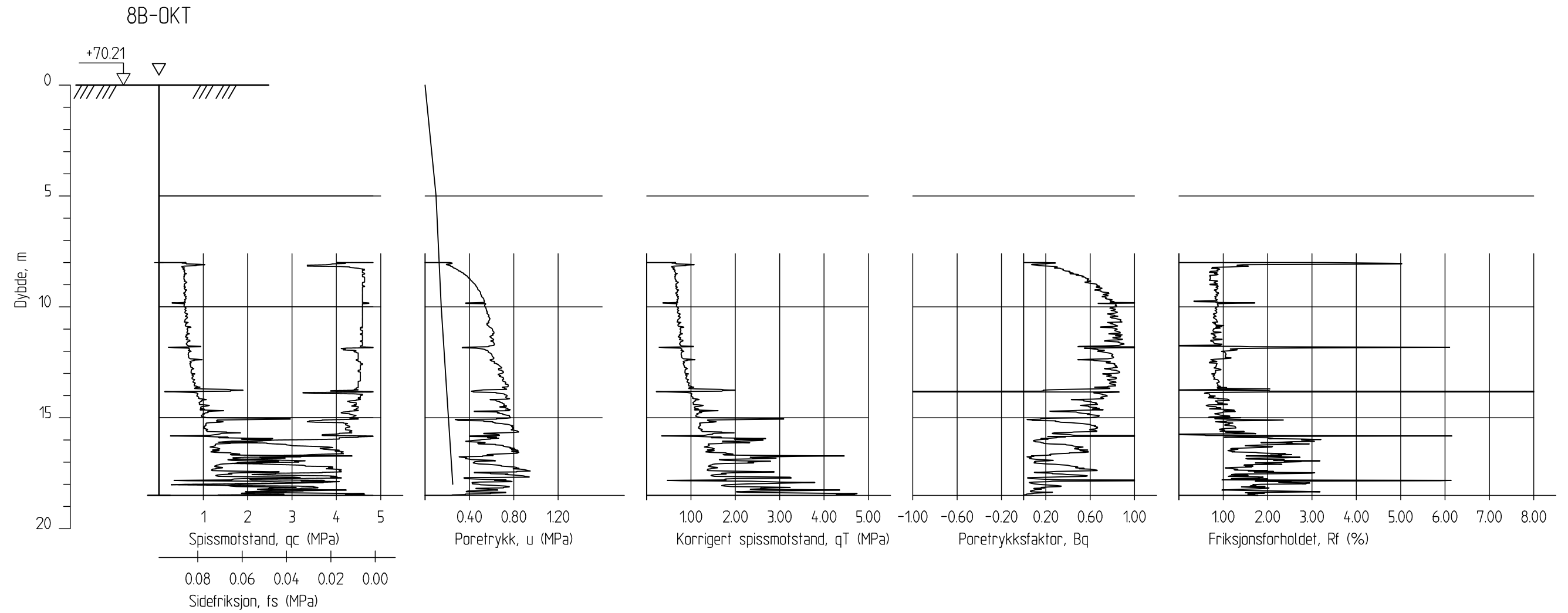


-	-	-	-	-	-
Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
	<b>Leirskred Døla, Mosjøen</b> <b>Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE)</b> CPTU-sondering, borpunkt nr. 7	Status	-		
		Original format	A-3		
		Tegningens filnavn	Totalsonderinger datarapport.dwg		
	Målestokk	1:200			
NGI Sognsveien 72 - PO Box 3930 Ullevål Stadion NO-0806 Oslo, Norway T: (+47) 22 02 30 00 F: (+47) 22 23 04 48 www.ngi.no		Dato	Konstr./Tegnet	Kontrollert	Godkjent
		2012-12-20	RMo	AKL	RMo
		Oppdragsnr.	Tegningsnr.	Rev.	
		20110544	C1	-	

# DOKUMENTASJON MÅLEDATA - GEOTECH SONDER


Sonde nr.:	4365	Oppløsning:	18-bit
SONDEDATA			
Arealforhold, a:	0.801	Arealforhold, b:	0
Kalibreringsdato:	21.12.2010	Utførende:	Geotech AB
EGENSKAP (fra kalibreringsark)	SPISSMOTSTAND	SIDEFRIKSJON	PORETRYKK
Maksimum spenning [MPa]	50	0.5	2
Måleområde [MPa]:	50	0.5	2
Oppløsning 12-bit:	-	-	-
Oppløsning 18-bit:	0.646	0.0103	0.0188
Max. temp. effekt, ubelastet [kPa]:	16.15	0.2575	0.9212
Temperaturområde [°C]:	0-40	0-40	0-40
Merknad:			
UTFØRELSE			
Borpunkt nr.:	7	Dato:	05.10.2011
Borleder:	Rundmo, Odd-Einar	Assistent:	Aufles, Knut Arne
Filtertype:	Spaltefilter	Mettningsmedium:	Silikonfett/frostvæske
Forankring:	Nei	Sondetemperatur start [°C]:	7.52
Forboring [m]:	4.5	Sondetemperatur slutt [°C]:	5.21
Sum boring [m]:	16.75	Kontroll skriver [m]:	16.74
Avstand mellom målinger [mm]:	20	Max. helning [°]:	4.03
Merknad:			
MÅLEVARIALE			
EGENSKAP	SPISSMOTSTAND	SIDEFRIKSJON	PORETRYKK
Maksimal temperatureffekt [kPa]:	0.9327	0.0149	0.0532
NULLPUNKTKONTROLL			
FAKTOR	NA (q)	NB (f)	NC (u)
Før sondering:			
Etter sondering:			
Avvik [MPa/kPa/kPa]:	-0.0075	0.1	3.7
NØYAKTIGHETSVURDERING GEOTECH - VURDERING AV ANVENDELSESKLASSE			
MÅLESTØRRELSE	SPISSMOTSTAND	SIDEFRIKSJON	PORETRYKK
Samlet nøyaktighet, $\Delta_{TOT}$ [kPa]:	9.0787	0.1252	3.7720
Tillatt nøyaktighet A1, $\Delta_x$ [kPa]:	35	5	10
Tillatt nøyaktighet A2, $\Delta_x$ [kPa]:	100	15	25
Tillatt nøyaktighet A3, $\Delta_x$ [kPa]:	200	25	50
ANVENDELSESKLASSE:	1	1	1
Vurdering profil:			
Oppdragsgiver: <b>NVE</b> Dokumentasjon av utstyr og målenøyaktighet	Oppdrag: <b>Leirskred Døla Mosjøen</b>		
Borpunkt nr.:	7	Sonde:	4365
	Dato: <b>05.10.2011</b>	Tegnet: <b>OER</b>	Kontrollert: <b>PAW</b>
	Oppdragsnr.: <b>6110620</b>	OBilag nr.:	-



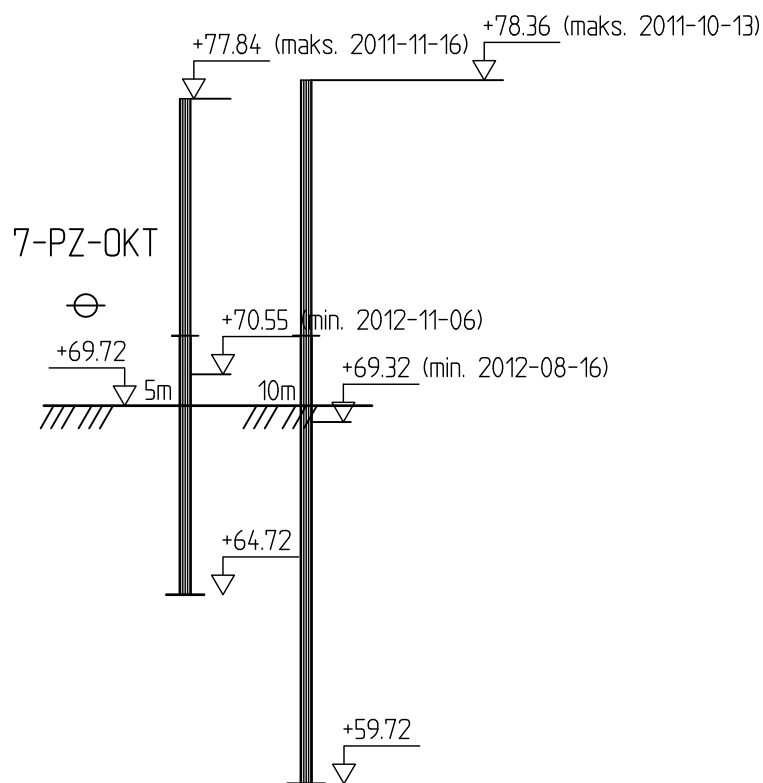


-	-	-	-	-	-
Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
	Leirskred Døla, Mosjøen	Status			
	Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE)	Original format			
	CPTU-sondering, borpunkt nr. 8	A-3			
		Tegningens filnavn			
		Totalsonderinger datarapport.dwg			
		Målestokk			
		1:200			
	NGI	Dato	Konstr./Tegnet	Kontrollert	Godkjent
	Sognsveien 72 - PO Box 3930 Ullevål Stadion	2012-12-20	RMo	AKL	RMo
	NO-0806 Oslo, Norway	Oppdragsnr.	Tegningsnr.	Rev.	
	T: (+47) 22 02 30 00 F: (+47) 22 23 04 48	20110544	C3	-	
	www.ngi.no				

# DOKUMENTASJON MÅLEDATA - GEOTECH SONDER

Sonde nr.:	4365	Oppløsning:	18-bit
SONDEDATA			
Arealforhold, a:	0.801	Arealforhold, b:	0
Kalibreringsdato:	21.12.2010	Utførende:	Geotech AB
EGENSKAP (fra kalibreringsark)	SPISSMOTSTAND	SIDEFRIKSJON	PORETRYKK
Maksimum spenning [MPa]	50	0.5	2
Måleområde [MPa]:	50	0.5	2
Oppløsning 12-bit:	-	-	-
Oppløsning 18-bit:	0.646	0.0103	0.0188
Max. temp. effekt, ubelastet [kPa]:	16.15	0.2575	0.9212
Temperaturområde [°C]:	0-40	0-40	0-40
Merknad:			
UTFØRELSE			
Borpunkt nr.:	8b	Dato:	05.10.2011
Borleder:	Rundmo, Odd-Einar	Assistent:	Aufles, Knut Arne
Filtertype:	Ferdigmettet porøfilter	Mettningsmedium:	Frostvæske
Forankring:	Nei	Sondetemperatur start [°C]:	7.71
Forboring [m]:	8	Sondetemperatur slutt [°C]:	5.71
Sum boring [m]:	18.5	Kontroll skriver [m]:	18.5
Avstand mellom målinger [mm]:	20	Max. helning [°]:	7.95
Merknad:			
MÅLEVARIABLE			
EGENSKAP	SPISSMOTSTAND	SIDEFRIKSJON	PORETRYKK
Maksimal temperatureffekt [kPa]:	0.8075	0.0129	0.0461
NULLPUNKTKONTROLL			
FAKTOR	NA (q)	NB (f)	NC (u)
Før sondering:			
Etter sondering:			
Avvik [MPa/kPa/kPa]:	-0.0181	-0.1	-1.1
NØYAKTIGHETSVURDERING GEOTECH - VURDERING AV ANVENDELSESKLASSE			
MÅLESTØRRELSE	SPISSMOTSTAND	SIDEFRIKSJON	PORETRYKK
Samlet nøyaktighet, $\Delta_{TOT}$ [kPa]:	19.5535	0.1232	1.1649
Tillatt nøyaktighet A1, $\Delta_x$ [kPa]:	35	5	10
Tillatt nøyaktighet A2, $\Delta_x$ [kPa]:	100	15	25
Tillatt nøyaktighet A3, $\Delta_x$ [kPa]:	200	25	50
ANVENDELSESKLASSE:	1	1	1
Vurdering profil:			
Oppdragsgiver: <b>NVE</b> Dokumentasjon av utstyr og målenøyaktighet		Oppdrag: <b>Leirskred Døla Mosjøen</b>	
Borpunkt nr.:	<b>8b</b>	Sonde:	<b>4365</b>
	Dato: <b>05.10.2011</b>	Tegnet: <b>OER</b>	Kontrollert: <b>PAW</b>
	Oppdragsnr.: <b>6110620</b>	Bilag nr.: -	

Vedlegg C4



Leirskred Døla, Mosjøen

Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE)

Poretrykksmåling, borpunkt nr. 7

Status

—

Original format

A-4

Tegningens filnavn

Totalsonderinger\_datarapport.dwg

Målestokk

1:200



**NGI**  
Sognsveien 72 - PO Box 3930 Ullevål Stadion  
NO-0806 Oslo, Norway  
T: (+47) 22 02 30 00 F: (+47) 22 23 04 48  
www.ngi.no

Dato

2013-01-18

Oppdragsnr.

20110544

Konstr./Tegnet

RMo

Tegningsnr.

C10

Kontrollert

JSL

Godkjent

RMo

Rev.

—

## VEDLEGG C11: Samletabell for poretrykksmålinger

Hullnr.	3				4		7				10A							
Dybde juni 11	8		16		6		5.2		10.2		5		10					
Dybde okt. 11	8		16		6		5.2		10.2		5		10					
Dybde okt. 12	8		16		8.8		7.1		12.1		5		10					
Dato	Vann- søyle [m]	Trykk [kPa]	Vann- søyle [m]	Trykk [kPa]	Vann- søyle [m]	Trykk [kPa]	Vann- søyle [m]	Trykk [kPa]	Vann- søyle [m]	Trykk [kPa]	Vann- søyle [m]	Trykk [kPa]	Vann- søyle [m]	Trykk [kPa]				
2011-07-14	3.46	34.6	9.23	92.3	8.87	88.7												
2011-08-19	3.34	33.4	9.05	90.5	8.46	84.6												
2011-08-30	3.35	33.5	9.0	90	8.95	89.5												
2011-08-31	3.37	33.7	8.98	89.8	8.84	88.4												
2011-09-02	3.34	33.4	8.96	89.6	8.87	88.7												
2011-09-12	3.5	35	8.97	89.7	9.53	95.3												
2011-10-11	4.33	43.3	9.42	94.2	9.43	94.3	9.86	98.6	17.19	171.9								
2011-10-13					9.62	96.2	9.96	99.6	17.25	172.5								
2011-10-13					9.73	97.3	10.99	109.9	18.41	184.1								
2011-10-13							10.87	108.7	18.61	186.1								
2011-10-13					11.67	116.7	10.77	107.7	18.3	183								
2011-10-17					9.86	98.6	10.22	102.2	16.5	165								
2011-10-17					9.85	98.5	10.35	103.5	16.39	163.9								
2011-10-18	4.32	43.2	9.46	94.6	9.62	96.2	10.25	102.5	16.23	162.3								
2011-10-19					9.37	93.7	10.17	101.7	15.95	159.5								
2011-10-20					9.17	91.7	10.13	101.3	15.7	157								
2011-10-21					8.97	89.7	10.07	100.7	15.45	154.5								
2011-10-24							9.93	99.3	14.83	148.3								
2011-10-25					8.83	88.3	9.93	99.3	14.6	146								
2011-10-27					10.22	102.2	9.86	98.6	14.26	142.6								
2011-10-28	4.27	42.7	9.48	94.8	10.03	100.3	9.79	97.9	14.09	140.9								
2011-10-31					9.59	95.9	9.61	96.1	13.68	136.8								
2011-11-01					9.84	98.4	9.69	96.9	13.87	138.7								
2011-11-02					10.55	105.5	9.63	96.3	13.96	139.6								
2011-11-07					9.63	96.3	11.18	111.8	14.49	144.9								
2011-11-08					9.6	96	12.1	121	14.75	147.5								
2011-11-09					9.81	98.1	12.28	122.8	14.59	145.9								
2011-11-10					9.93	99.3	12.14	121.4	14.51	145.1								
2011-11-14					9.38	93.8	11.86	118.6	13.78	137.8								
2011-11-16					9.23	92.3	13.12	131.2	14.32	143.2								
2011-11-17	4.25	42.5	9.59	95.9	9.11	91.1	12.97	129.7	14.4	144								
2011-11-21					8.73	87.3	12.52	125.2	13.69	136.9								
2011-11-23					8.6	86	12.65	126.5	13.5	135								
2011-11-25					8.89	88.9	12.49	124.9	13.3	133								
2011-11-30					8.56	85.6	12.14	121.4	12.91	129.1								
2011-12-05	4.36	43.6	9.67	96.7	8.27	82.7	11.61	116.1	12.59	125.9								
2012-02-03	3.87	38.7	9.51	95.1	6.44	64.4	9.05	90.5	10.7	107								
2012-02-16	3.87	38.7	9.51	95.1	6.4	64	8.89	88.9	10.64	106.4								
2012-02-29					6.19	61.9	8.64	86.4	10.47	104.7								
2012-03-27					6.53	65.3	8.09	80.9	10.42	104.2								
2012-04-13	4.17	41.7			6.18	61.8	7.82	78.2	10.22	102.2								
2012-05-21	4.17	41.7			6.22	62.2	7.14	71.4	10.09	100.9								
2012-07-03	3.69	36.9	9.42	94.2	5.57	55.7	6.46	64.6	9.71	97.1								
2012-08-16	3.41	34.1	9.11	91.1	5.42	54.2	5.89	58.9	9.57	95.7								
2012-09-06	3.22	32.2	8.99	89.9	5.53	55.3	5.83	58.3	9.74	97.4								
2012-10-01	3.99	39.9	9.03	90.3	5.9	59	6	60	9.83	98.3								
2012-10-11	4.03	40.3	9.11	91.1	5.86	58.6	6.22	62.2	9.88	98.8	6.59	65.9	13.82	138.2				
2012-10-22	3.99	39.9	9.13	91.3	5.66	56.6	6.01	60.1	9.77	97.7	6.4	64	13.71	137.1				
2012-11-06	4.06	40.6	9.22	92.2	5.79	57.9	5.83	58.3	9.77	97.7	6.41	64.1	13.77	137.7				
2013-01-11	3.56	35.6			5.36	53.6	5.25	52.5	9.51	95.1	6.07	60.7	13.57	135.7				
Maks.verdier*	4.36	43.60	9.67	96.70	11.67	116.70	13.12	131.20	18.61	186.10	6.59	65.90	13.82	138.20				
Min.verdier*	3.22	32.20	8.96	89.60	5.36	53.60	5.25	52.50	9.51	95.10	6.07	60.70	13.57	135.70				
Gjennomsnitt*	3.82	38.23	9.24	92.44	8.39	83.88	9.69	96.88	13.46	134.64	6.37	63.68	13.72	137.18				

\*Målinger utført den første uken etter montering er ikke tatt med

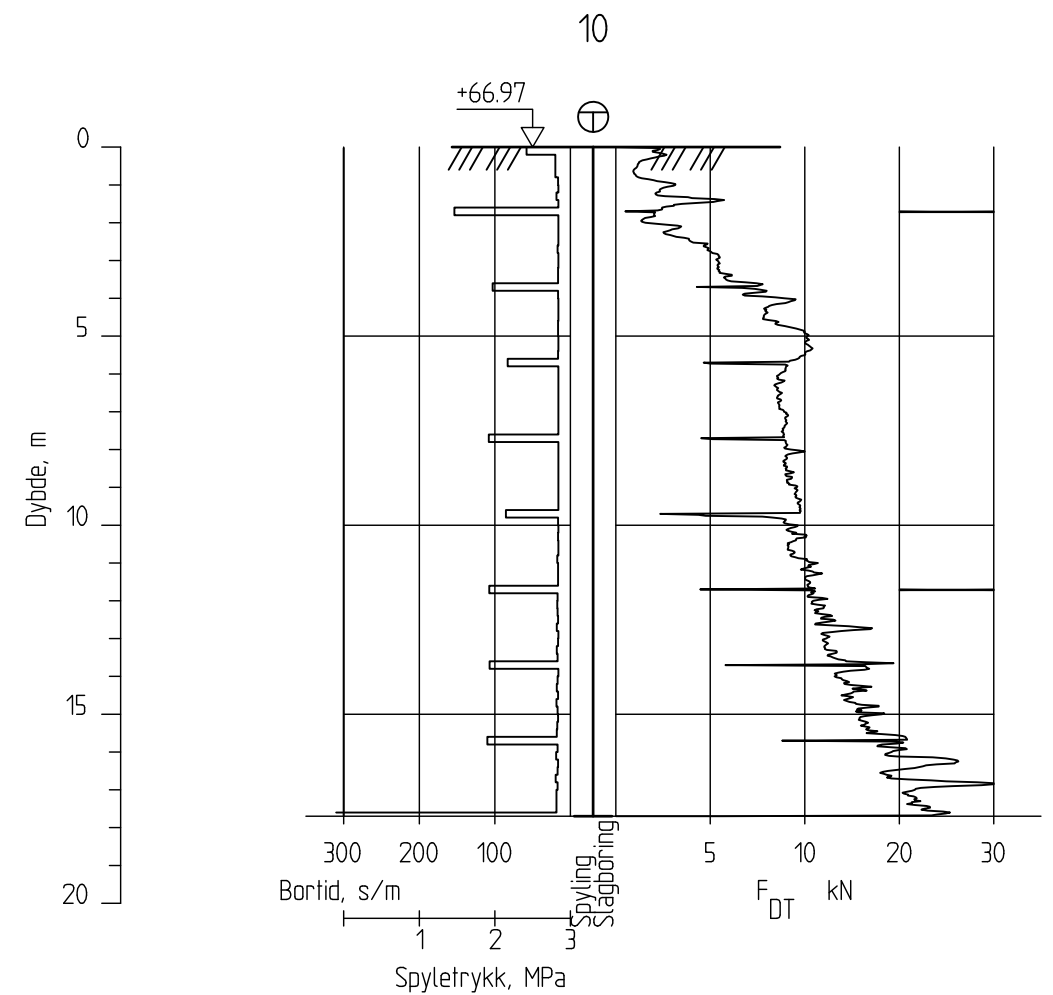
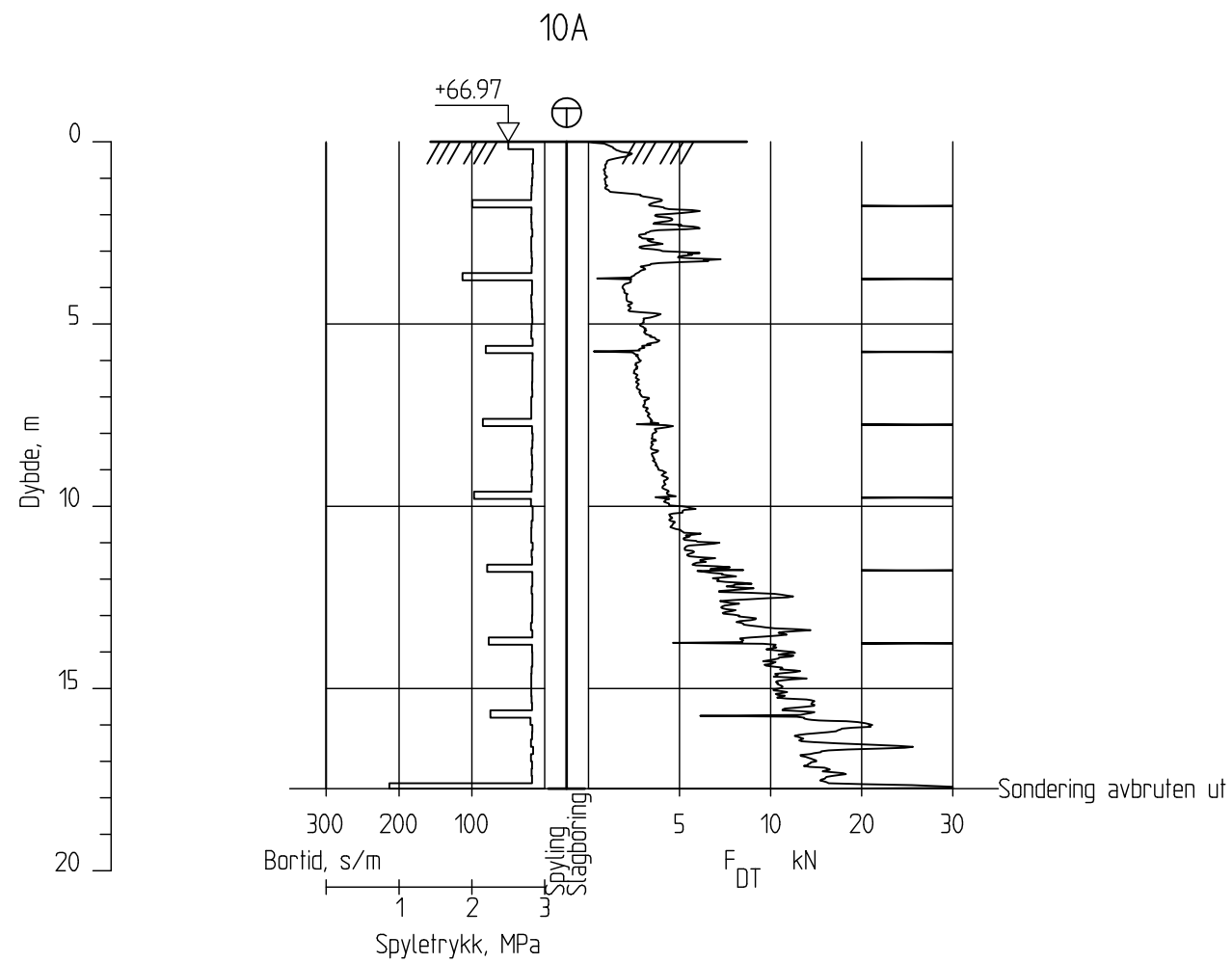


# Vedlegg D - Grunnundersøkelser – oktober 2012

## Innhold

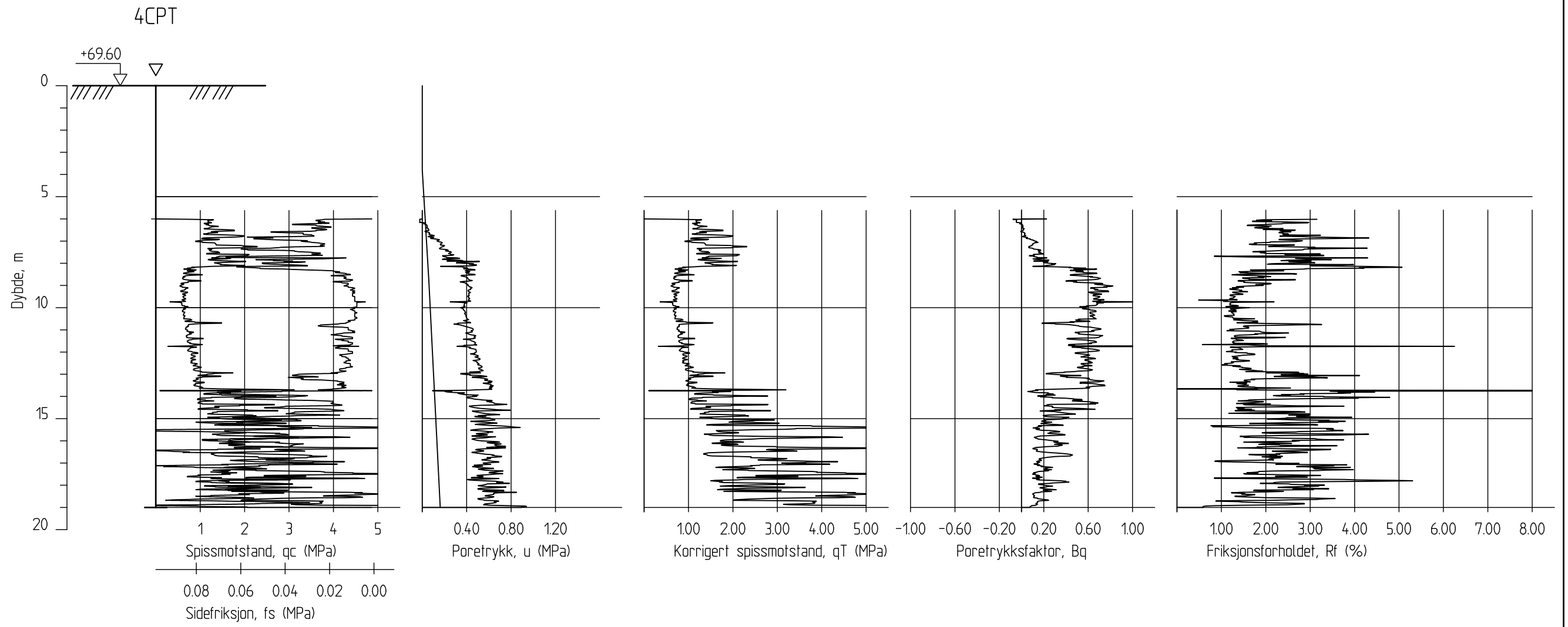
### Vedlegg

D1	Totalsondering, borpunkt 10A og 10
D10	CPTU-sondering, borpunkt 4
D11	Kvalitet - CPTU, borpunkt 4
D12	CPTU-sondering, borpunkt 7
D13	Kvalitet - CPTU, borpunkt 7
D14	CPTU-sondering, borpunkt 8
D15	Kvalitet - CPTU, borpunkt 8
D16	CPTU-sondering, borpunkt 10A
D17	Kvalitet - CPTU, borpunkt 10A
D20	Poretrykksmåling, borpunkt 10A
D21	Samletabell for poretrykksmålinger
D30	Laboratorierapport NIFS, prosjekt N-6.7.2




-	-		-	-	-
Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
		Status			
		Original format			
		A-3			
		Tegningens filnavn			
		Totalsonderinger datarapport.dwg			
		Målestokk			
		1:200			
					
		NGI			
		Sognsveien 72 - PO Box 3930 Ullevål Stadion NO-0806 Oslo, Norway T: (+47) 22 02 30 00 F: (+47) 22 23 04 48 www.ngi.no	Dato 2013-01-18	Konstr./Tegnet RMo	Kontrollert JSL
			Oppdragsnr. 20110544	Tegningsnr. D1	Godkjent RMo
					Rev. -



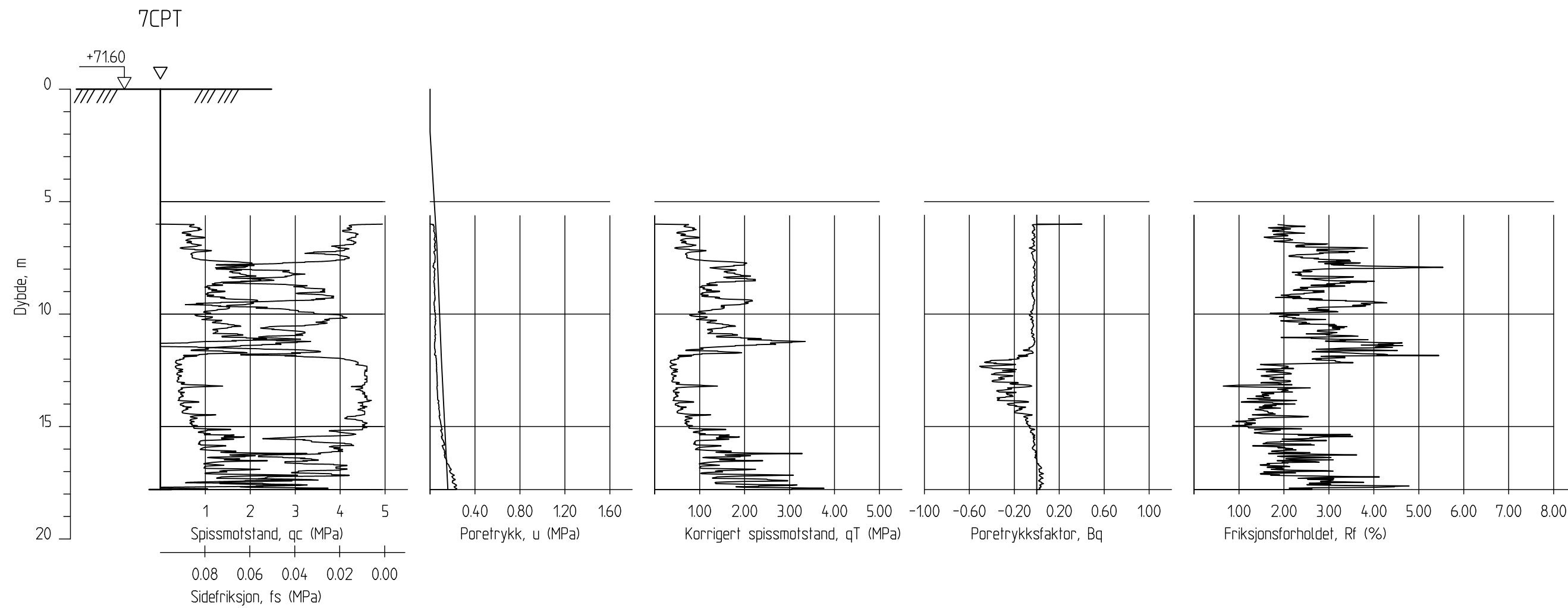


-	-		-	-	-
Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
	Leirskred Døla, Mosjøen	Status			
	Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE)	Original format			
	CPTU-sondering, borpunkt nr. 4	A-3			
		Tegningens filnavn			
		Totalsonderinger datarapport.dwg			
		Målestokk			
		1:200			
	NGI	Dato	Konstr./Tegnet	Kontrollert	Godkjent
	Sognsveien 72 - PO Box 3930 Ullevål Stadion	2012-12-20	RMo	AKL	RMo
	NO-0806 Oslo, Norway	Oppdragsnr.	Tegningsnr.	Rev.	
	T: (+47) 22 02 30 00 F: (+47) 22 23 04 48	20110544	D10	-	
	www.ngi.no				

# DOKUMENTASJON MÅLEDATA - GEOTECH SONDER


Sonde nr.:	4492	Oppløsning:	18-bit	
SONDEDATA				
Arealforhold, a:	0.838	Arealforhold, b:	0	
Kalibreringsdato:	2012-03-08	Utførende:	Geotech AB	
EGENSKAP (fra kalibreringsark)	<b>SPISSMOTSTAND</b>	<b>SIDEFRIKSJON</b>	<b>PORETRYKK</b>	
Maksimum spenning [MPa]	50	0.5	2	
Måleområde [MPa]:	50	0.5	2	
Oppløsning 12-bit [kPa]:	-	-	-	
Oppløsning 18-bit [kPa]:	0.5793	0.0102	0.0225	
Max. temp. effekt, ubelastet [kPa]:	28.3857	0.5406	1.08	
Temperaturområde [°C]:	0-40	0-40	0-40	
Merknad:				
UTFØRELSE				
Borpunkt nr.:	4	Dato:	2012-10-04	
Borleder:	Myhre, Roger	Assistent:	Helgemo, Kurt	
Filtertype:	Spaltefilter	Mettningsmedium:	Silikonfett/frostvæske	
Forankring:	Nei	Sondetemperatur start [°C]:	10.5	
Forboring [m]:	6	Sondetemperatur slutt [°C]:	7.1	
Sum boring [m]:	19	Kontroll skriver [m]:	19	
Avstand mellom målinger [mm]:	20	Max. helning [°]:	6.82	
Merknad:				
MÅLEVARIALE				
EGENSKAP	<b>SPISSMOTSTAND</b>	<b>SIDEFRIKSJON</b>	<b>PORETRYKK</b>	
Maksimal temperatureffekt [kPa]:	2.4128	0.0460	0.0918	
NULLPUNKTKONTROLL				
FAKTOR	<b>NA (q)</b>	<b>NB (f)</b>	<b>NC (u)</b>	
Før sondering:				
Etter sondering:				
Avvik [MPa/kPa/kPa]:	0.0307	0.8	3.4	
NØYAKTIGHETSVURDERING GEOTECH - VURDERING AV ANVENDELSESKLASSE				
MÅLESTØRRELSE	<b>SPISSMOTSTAND</b>	<b>SIDEFRIKSJON</b>	<b>PORETRYKK</b>	
Samlet nøyaktighet, $\Delta_{TOT}$ [kPa]:	33.6921	0.8562	3.5143	
Tillatt nøyaktighet A1, $\Delta_k$ [kPa]:	35	5	10	
Tillatt nøyaktighet A2, $\Delta_k$ [kPa]:	100	15	25	
Tillatt nøyaktighet A3, $\Delta_k$ [kPa]:	200	25	50	
ANVENDELSESKLASSE:	1	1	1	
Vurdering profil:				
Oppdragsgiver: <b>NVE Region Midt</b> Dokumentasjon av utstyr og målenøyaktighet	Oppdrag: <b>Døla, Mosjøen</b>			
Borpunkt nr.:	4	Sonde:	4492	
	Dato:	2012-10-04	Tegnet:	Myhre, Roger
	Oppdragsnr.:	6120800	Kontrollert:	PAW
			Bilag nr.:	-

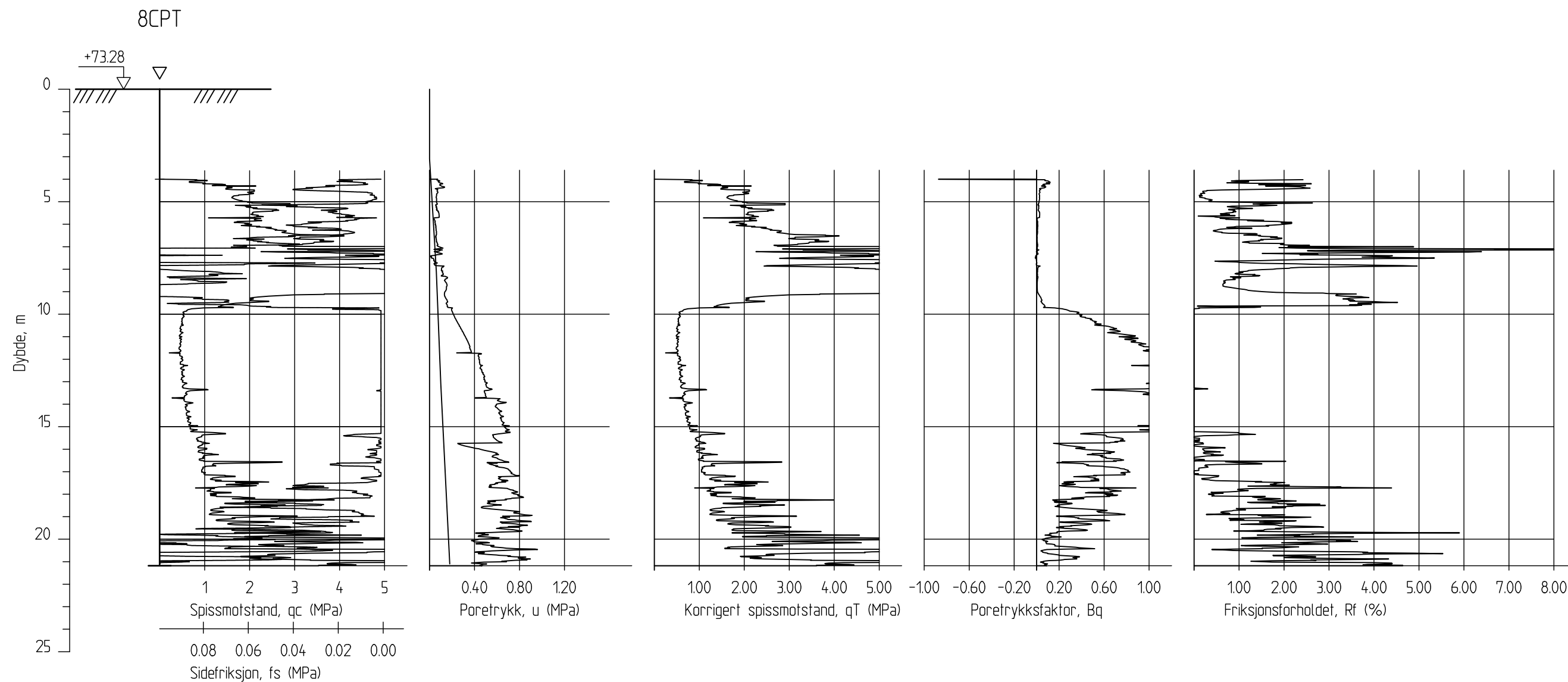
Vedlegg D11




-	-	-	-	-	-
Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
Leirskred Døla, Mosjøen		Status			
Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE)		-			
CPTU-sondering, borpunkt nr. 7		Original format			
		A-3			
		Tegningens filnavn			
		Totalsonderinger datarapport.dwg			
		Målestokk	NGI		
		1:200			
NGI		Dato	Konstr./Tegnet	Kontrollert	Godkjent
Sognsveien 72 - PO Box 3930 Ullevål Stadion		2012-12-20	RMo	AKL	RMo
NO-0806 Oslo, Norway		Oppdragsnr.	Tegningsnr.	Rev.	
T: (+47) 22 02 30 00 F: (+47) 22 23 04 48		20110544	D12	-	
www.ngi.no					


# DOKUMENTASJON MÅLEDATA - GEOTECH SONDER

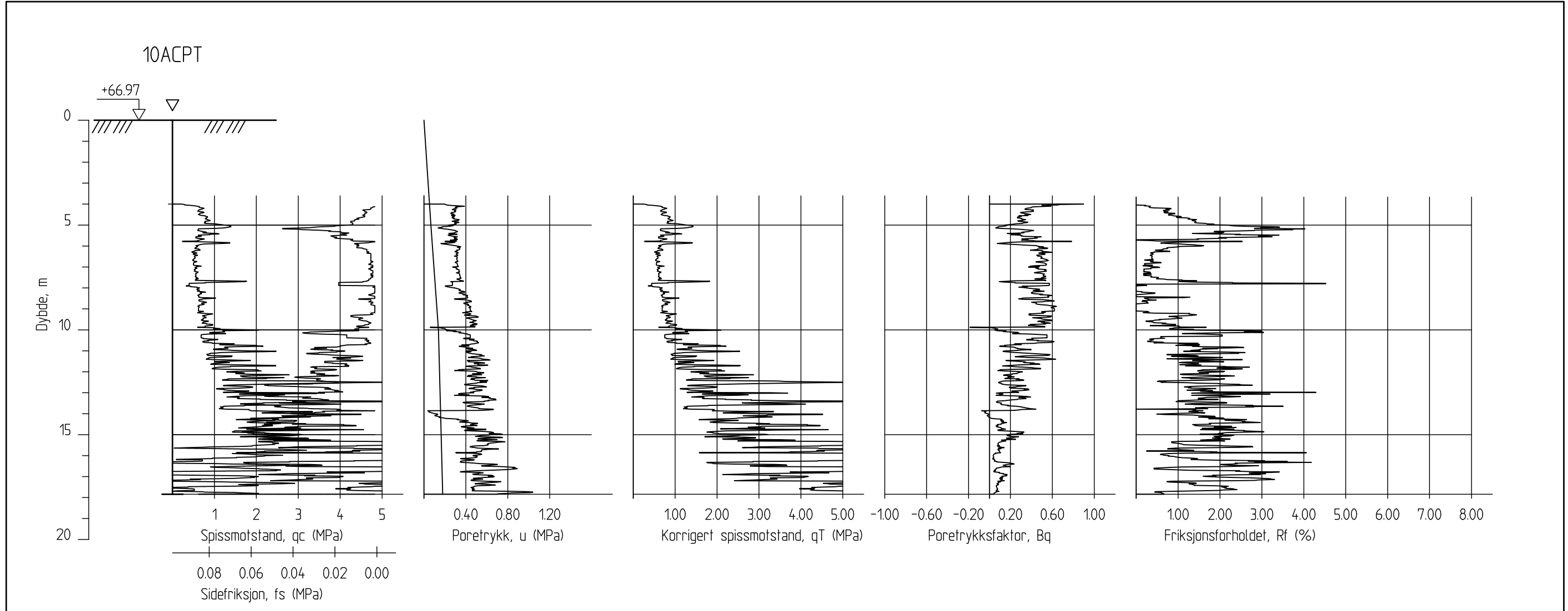
Sonde nr.:	4492	Oppløsning:	18-bit
SONDEDATA			
Arealforhold, a:	0.838	Arealforhold, b:	0
Kalibreringsdato:	2012-03-08	Utførende:	Geotech AB
EGENSKAP (fra kalibreringsark)	<b>SPISSMOTSTAND</b>	<b>SIDEFRIKSJON</b>	<b>PORETRYKK</b>
Maksimum spenning [MPa]	50	0.5	2
Måleområde [MPa]:	50	0.5	2
Oppløsning 12-bit [kPa]:	-	-	-
Oppløsning 18-bit [kPa]:	0.5793	0.0102	0.0225
Max. temp. effekt, ubelastet [kPa]:	28.3857	0.5406	1.08
Temperaturområde [°C]:	0-40	0-40	0-40
Merknad:			
UTFØRELSE			
Borpunkt nr.:	7	Dato:	2012-10-04
Borleder:	Myhre, Roger	Assistent:	Helgemo, Kurt
Filtertype:	Spaltefilter	Mettningsmedium:	Silikonfett/frostvæske
Forankring:	Nei	Sondetemperatur start [°C]:	12.7
Forboring [m]:	6	Sondetemperatur slutt [°C]:	6.11
Sum boring [m]:	17.8	Kontroll skriver [m]:	17.81
Avstand mellom målinger [mm]:	20	Max. helning [°]:	4.32
Merknad:			
MÅLEVARIALE			
EGENSKAP	<b>SPISSMOTSTAND</b>	<b>SIDEFRIKSJON</b>	<b>PORETRYKK</b>
Maksimal temperatureffekt [kPa]:	4.6765	0.0891	0.1779
NULLPUNKTKONTROLL			
FAKTOR	<b>NA (q)</b>	<b>NB (f)</b>	<b>NC (u)</b>
Før sondering:			
Etter sondering:			
Avvik [MPa/kPa/kPa]:	0.0116	0.1	3.2
NØYAKTIGHETSVURDERING GEOTECH - VURDERING AV ANVENDELSESKLASSE			
MÅLESTØRRELSE	<b>SPISSMOTSTAND</b>	<b>SIDEFRIKSJON</b>	<b>PORETRYKK</b>
Samlet nøyaktighet, $\Delta_{TOT}$ [kPa]:	16.8558	0.1993	3.4004
Tillatt nøyaktighet A1, $\Delta_k$ [kPa]:	35	5	10
Tillatt nøyaktighet A2, $\Delta_k$ [kPa]:	100	15	25
Tillatt nøyaktighet A3, $\Delta_k$ [kPa]:	200	25	50
ANVENDELSESKLASSE:	1	1	1
Vurdering profil:			
Oppdragsgiver: <b>NVE Region Midt</b> Dokumentasjon av utstyr og målenøyaktighet	Oppdrag: <b>Døla, Mosjøen</b>		
Borpunkt nr.:	7	Sonde:	4492
	Dato:	2012-10-04	Tegnet:
		<b>Myhre, Roger</b>	Kontrollert:
	Oppdragsnr.:	6120800	<b>PAW</b>
		Bilag nr.:	-



-	-	-	-	-	-
Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
	<b>Leirskred Døla, Mosjøen</b> <b>Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE)</b> CPTU-sondering, borpunkt nr. 8	Status			
		Original format			
		Tegningens filnavn			
		Målestokk			
		1:200			
	NGI Sognsveien 72 - PO Box 3930 Ullevål Stadion NO-0806 Oslo, Norway T: (+47) 22 02 30 00 F: (+47) 22 23 04 48 www.ngi.no	Dato	Konstr./Tegnet	Kontrollert	Godkjent
		2012-12-20	RMo	AKL	RMo
		Oppdragsnr.	Tegningsnr.		Rev.
		20110544	D14		-

# DOKUMENTASJON MÅLEDATA - GEOTECH SONDER


Sonde nr.:	4492	Oppløsning:	18-bit
SONDEDATA			
Arealforhold, a:	0.838	Arealforhold, b:	0
Kalibreringsdato:	2012-03-08	Utførende:	Geotech AB
EGENSKAP (fra kalibreringsark)	<b>SPISSMOTSTAND</b>	<b>SIDEFRIKSJON</b>	<b>PORETRYKK</b>
Maksimum spenning [MPa]	50	0.5	2
Måleområde [MPa]:	50	0.5	2
Oppløsning 12-bit [kPa]:	-	-	-
Oppløsning 18-bit [kPa]:	0.5793	0.0102	0.0225
Max. temp. effekt, ubelastet [kPa]:	28.3857	0.5406	1.08
Temperaturområde [°C]:	0-40	0-40	0-40
Merknad:			
UTFØRELSE			
Borpunkt nr.:	8	Dato:	2012-10-03
Borleder:	Myhre, Roger	Assistent:	Helgemo, Kurt
Filtertype:	Spaltefilter	Mettningsmedium:	Silikonfett/frostvæske
Forankring:	Nei	Sondetemperatur start [°C]:	21.2
Forboring [m]:	4	Sondetemperatur slutt [°C]:	6.5
Sum boring [m]:	21.18	Kontroll skriver [m]:	21.81
Avstand mellom målinger [mm]:	20	Max. helning [°]:	0
Merknad:			
MÅLEVARIALE			
EGENSKAP	<b>SPISSMOTSTAND</b>	<b>SIDEFRIKSJON</b>	<b>PORETRYKK</b>
Maksimal temperatureffekt [kPa]:	10.4317	0.1987	0.3969
NULLPUNKTKONTROLL			
FAKTOR	<b>NA (q)</b>	<b>NB (f)</b>	<b>NC (u)</b>
Før sondering:			
Etter sondering:			
Avvik [MPa/kPa/kPa]:	0.0435	0.3	2.5
NØYAKTIGHETSVURDERING GEOTECH - VURDERING AV ANVENDELSESKLASSE			
MÅLESTØRRELSE	<b>SPISSMOTSTAND</b>	<b>SIDEFRIKSJON</b>	<b>PORETRYKK</b>
Samlet nøyaktighet, $\Delta_{TOT}$ [kPa]:	54.5110	0.5089	2.9194
Tillatt nøyaktighet A1, $\Delta_k$ [kPa]:	35	5	10
Tillatt nøyaktighet A2, $\Delta_k$ [kPa]:	100	15	25
Tillatt nøyaktighet A3, $\Delta_k$ [kPa]:	200	25	50
ANVENDELSESKLASSE:	2	1	1
Vurdering profil:			
Oppdragsgiver: <b>NVE Region Midt</b> Dokumentasjon av utstyr og målenøyaktighet	Oppdrag: <b>Døla, Mosjøen</b>		
Borpunkt nr.:	8	Sonde:	4492
	Dato:	2012-10-03	Tegnet:
		<b>Myhre, Roger</b>	Kontrollert:
	Oppdragsnr.:	6120800	<b>PAW</b>
		Bilag nr.:	-

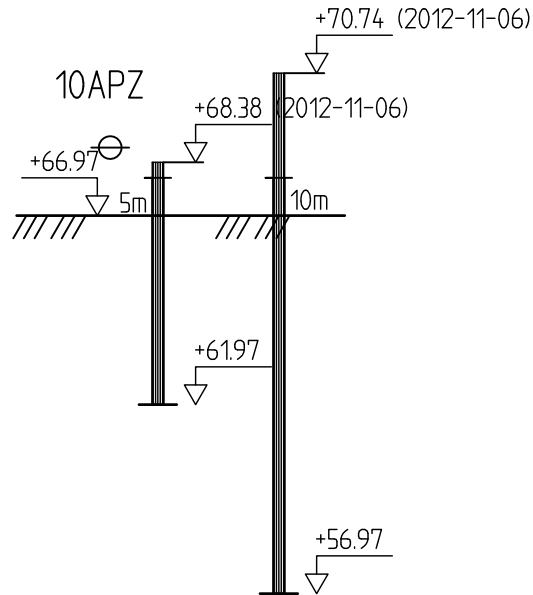



-	-	-	-	-	-
Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
Leirskred Døla, Mosjøen		Status			
Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE)		-			
CPTU-sondering, borpunkt nr. 10A		Original format			
		A-3			
		Tegningens filnavn			
		Totalsonderinger datarapport.dwg			
		Målestokk	NGI		
		1:200			
NGI		Dato	Konstr./Tegnet	Kontrollert	Godkjent
Sognsveien 72 - PO Box 3930 Ullevål Stadion		2012-12-20	RMo	AKL	RMo
NO-0806 Oslo, Norway		Oppdragsnr.	Tegningsnr.	Rev.	
T: (+47) 22 02 30 00 F: (+47) 22 23 04 48		20110544	D16	-	
www.ngi.no					



# DOKUMENTASJON MÅLEDATA - GEOTECH SONDER

Sonde nr.:	4492	Oppløsning:	18-bit
SONDEDATA			
Arealforhold, a:	0.838	Arealforhold, b:	0
Kalibreringsdato:	2012-03-08	Utførende:	Geotech AB
EGENSKAP (fra kalibreringsark)	<b>SPISSMOTSTAND</b>	<b>SIDEFRIKSJON</b>	<b>PORETRYKK</b>
Maksimum spenning [MPa]	50	0.5	2
Måleområde [MPa]:	50	0.5	2
Oppløsning 12-bit [kPa]:	-	-	-
Oppløsning 18-bit [kPa]:	0.5793	0.0102	0.0225
Max. temp. effekt, ubelastet [kPa]:	28.3857	0.5406	1.08
Temperaturområde [°C]:	0-40	0-40	0-40
Merknad:			
UTFØRELSE			
Borpunkt nr.:	10a 2	Dato:	2012-10-04
Borleder:	Myhre, Roger	Assistent:	Helgemo, Kurt
Filtertype:	Spaltefilter	Mettningsmedium:	Silikonfett/frostvæske
Forankring:	Nei	Sondetemperatur start [°C]:	10.2
Forboring [m]:	4	Sondetemperatur slutt [°C]:	7.7
Sum boring [m]:	17.84	Kontroll skriver [m]:	117.84
Avstand mellom målinger [mm]:	20	Max. helning [°]:	11.5
Merknad:			
MÅLEVARIALE			
EGENSKAP	<b>SPISSMOTSTAND</b>	<b>SIDEFRIKSJON</b>	<b>PORETRYKK</b>
Maksimal temperatureffekt [kPa]:	1.7741	0.0338	0.0675
NULLPUNKTKONTROLL			
FAKTOR	<b>NA (q)</b>	<b>NB (f)</b>	<b>NC (u)</b>
Før sondering:			
Etter sondering:			
Avvik [MPa/kPa/kPa]:	0.0336	0.2	1.9
NØYAKTIGHETSVURDERING GEOTECH - VURDERING AV ANVENDELSESKLASSE			
MÅLESTØRRELSE	<b>SPISSMOTSTAND</b>	<b>SIDEFRIKSJON</b>	<b>PORETRYKK</b>
Samlet nøyaktighet, $\Delta_{TOT}$ [kPa]:	35.9534	0.2440	1.9900
Tillatt nøyaktighet A1, $\Delta_k$ [kPa]:	35	5	10
Tillatt nøyaktighet A2, $\Delta_k$ [kPa]:	100	15	25
Tillatt nøyaktighet A3, $\Delta_k$ [kPa]:	200	25	50
ANVENDELSESKLASSE:	2	1	1
Vurdering profil:			
Oppdragsgiver: <b>NVE Region Midt</b> Dokumentasjon av utstyr og målenøyaktighet	Oppdrag: <b>Døla, Mosjøen</b>		
Borpunkt nr.:	<b>10a 2</b>	Sonde:	<b>4492</b>
	Dato:	<b>2012-10-04</b>	Tegnet:
		<b>Myhre, Roger</b>	Kontrollert:
	Oppdragsnr.:	<b>6120800</b>	Bilag nr.:
		-	



<b>Leirskred Døla, Mosjøen</b> <b>Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE)</b>		Status	—		
		Original format	A-4		
<b>Poretrykksmåling, borpunkt nr. 10</b>		Tegningens filnavn	Totalsonderinger_datarapport.dwg		
		Målestokk	1:200		
<b>NGI</b> Sognsveien 72 - PO Box 3930 Ullevål Stadion NO-0806 Oslo, Norway T: (+47) 22 02 30 00 F: (+47) 22 23 04 48 www.ngi.no	Dato	2013-01-18	Konstr./Tegnet	Kontrollert	Godkjent
	Oppdragsnr.	20110544	RMo	JSL	RMo
		Tegningsnr.	D20		Rev.
				-	

## VEDLEGG D21: Samletabell for poretrykksmålinger

Hullnr.	3				4		7				10A							
Dybde juni 11	8		16		6		5.2		10.2		5		10					
Dybde okt. 11	8		16		6		5.2		10.2		5		10					
Dybde okt. 12	8		16		8.8		7.1		12.1		5		10					
Dato	Vann- søyle [m]	Trykk [kPa]	Vann- søyle [m]	Trykk [kPa]	Vann- søyle [m]	Trykk [kPa]	Vann- søyle [m]	Trykk [kPa]	Vann- søyle [m]	Trykk [kPa]	Vann- søyle [m]	Trykk [kPa]	Vann- søyle [m]	Trykk [kPa]				
2011-07-14	3.46	34.6	9.23	92.3	8.87	88.7												
2011-08-19	3.34	33.4	9.05	90.5	8.46	84.6												
2011-08-30	3.35	33.5	9.0	90	8.95	89.5												
2011-08-31	3.37	33.7	8.98	89.8	8.84	88.4												
2011-09-02	3.34	33.4	8.96	89.6	8.87	88.7												
2011-09-12	3.5	35	8.97	89.7	9.53	95.3												
2011-10-11	4.33	43.3	9.42	94.2	9.43	94.3	9.86	98.6	17.19	171.9								
2011-10-13					9.62	96.2	9.96	99.6	17.25	172.5								
2011-10-13					9.73	97.3	10.99	109.9	18.41	184.1								
2011-10-13							10.87	108.7	18.61	186.1								
2011-10-13					11.67	116.7	10.77	107.7	18.3	183								
2011-10-17					9.86	98.6	10.22	102.2	16.5	165								
2011-10-17					9.85	98.5	10.35	103.5	16.39	163.9								
2011-10-18	4.32	43.2	9.46	94.6	9.62	96.2	10.25	102.5	16.23	162.3								
2011-10-19					9.37	93.7	10.17	101.7	15.95	159.5								
2011-10-20					9.17	91.7	10.13	101.3	15.7	157								
2011-10-21					8.97	89.7	10.07	100.7	15.45	154.5								
2011-10-24							9.93	99.3	14.83	148.3								
2011-10-25					8.83	88.3	9.93	99.3	14.6	146								
2011-10-27					10.22	102.2	9.86	98.6	14.26	142.6								
2011-10-28	4.27	42.7	9.48	94.8	10.03	100.3	9.79	97.9	14.09	140.9								
2011-10-31					9.59	95.9	9.61	96.1	13.68	136.8								
2011-11-01					9.84	98.4	9.69	96.9	13.87	138.7								
2011-11-02					10.55	105.5	9.63	96.3	13.96	139.6								
2011-11-07					9.63	96.3	11.18	111.8	14.49	144.9								
2011-11-08					9.6	96	12.1	121	14.75	147.5								
2011-11-09					9.81	98.1	12.28	122.8	14.59	145.9								
2011-11-10					9.93	99.3	12.34	123.4	14.53	145.3								
2011-11-14					9.38	93.8	11.86	118.6	13.78	137.8								
2011-11-16					9.23	92.3	13.12	131.2	14.32	143.2								
2011-11-17	4.25	42.5	9.59	95.9	9.11	91.1	12.97	129.7	14.4	144								
2011-11-21					8.73	87.3	12.52	125.2	13.69	136.9								
2011-11-23					8.6	86	12.65	126.5	13.5	135								
2011-11-25					8.89	88.9	12.49	124.9	13.3	133								
2011-11-30					8.56	85.6	12.14	121.4	12.91	129.1								
2011-12-05	4.36	43.6	9.67	96.7	8.27	82.7	11.61	116.1	12.59	125.9								
2012-02-03	3.87	38.7	9.55	95.5	6.44	64.4	9.05	90.5	10.7	107								
2012-02-16	3.87	38.7	9.51	95.1	6.4	64	8.89	88.9	10.64	106.4								
2012-02-29					6.19	61.9	8.64	86.4	10.47	104.7								
2012-03-27					6.53	65.3	8.09	80.9	10.42	104.2								
2012-04-13	4.17	41.7			6.18	61.8	7.82	78.2	10.22	102.2								
2012-05-21	4.17	41.7			6.22	62.2	7.14	71.4	10.09	100.9								
2012-07-03	3.69	36.9	9.42	94.2	5.57	55.7	6.46	64.6	9.71	97.1								
2012-08-16	3.41	34.1	9.11	91.1	5.42	54.2	5.89	58.9	9.57	95.7								
2012-09-06	3.22	32.2	8.99	89.9	5.63	56.3	5.83	58.3	9.74	97.4								
2012-10-01	3.99	39.9	9.03	90.3	5.9	59	6	60	9.83	98.3								
2012-10-11	4.03	40.3	9.11	91.1	5.86	58.6	6.22	62.2	9.88	98.8	6.59	65.9	13.82	138.2				
2012-10-22	3.99	39.9	9.13	91.3	5.66	56.6	6.01	60.1	9.77	97.7	6.4	64	13.71	137.1				
2012-11-06	4.06	40.6	9.22	92.2	5.79	57.9	5.83	58.3	9.77	97.7	6.41	64.1	13.77	137.7				
2013-01-11	3.56	35.6			5.36	53.6	5.25	52.5	9.51	95.1	6.07	60.7	13.57	135.7				
Maks.verdier*	4.36	43.60	9.67	96.70	11.67	116.70	13.12	131.20	18.61	186.10	6.59	65.90	13.82	138.20				
Min.verdier*	3.22	32.20	8.96	89.60	5.36	53.60	5.25	52.50	9.51	95.10	6.07	60.70	13.57	135.70				
Gjennomsnitt*	3.82	38.23	9.24	92.44	8.39	83.88	9.69	96.89	13.40	134.64	6.37	63.68	13.72	137.18				

\*Målinger utført den første uken etter montering er ikke tatt med



Til: NIFS, prosjekt N-6.7.2  
v/: Statens vegvesen v/Vikas Thakur  
Kopi til: NVE v/Einar Lyche  
Dato: 28. november 2012  
Rev. nr./ Rev. dato: 1, 4. januar 2013  
Dokumentnr.: 20120853-01-TN  
Prosjekt: Styrkeøkning av rekonsolidert kvikkleire etter skred  
Utarbeidet av: Ragnar Moholdt  
Prosjektleder: Ragnar Moholdt  
Kontrollert av: Jean-Sebastien L'Heureux

Hovedkontor:  
Pb. 3930 Ullevål Stadion  
0806 Oslo

Avd Trondheim:  
Pb. 1230 Sluppen  
7462 Trondheim

T 22 02 30 00  
F 22 23 04 48

Kontonr 5096 05 01281  
Org. nr 958 254 318 MVA

[ngi@ngi.no](mailto:ngi@ngi.no)  
[www.ngi.no](http://www.ngi.no)

## Laboratorierapport

FoU-prosjektet ”Styrkeøkning av rekonsolidert kvikkleire etter skred” har som mål å skape økt forståelse for hvordan styrkeegenskapene til omrørt kvikkleire utvikles gjennom rekonsolidering. Økt kunnskap på dette området vil gi et bedre grunnlag for akuttvurdering og planlegging av sikringstiltak ifm. skredhendelser i framtida. Videre vil økt kunnskap på dette området ha relevans ifm. planlegging av anleggsarbeider som medfører omrøring av kvikkleire, f.eks. grunnforsterkning, peling osv.

Studieområdet for FoU-prosjektet er skredet ved Lundestad, like øst for Mosjøen, som gikk den 19. juni 2011. Det er utført grunnundersøkelser i og rundt skredgropa i tre omganger; like etter skredet, før oppstart av sikringsarbeid og nå sist, ca. ett år etter at sikringstiltakene ble utført. Repetisjon av boringer, prøvetaking og laboratorieundersøkelser gir grunnlag for å kvantifisere endringen av styrkeparametrene i løpet av tiden som har gått.

FoU-prosjektet er samfinansiert med bidrag fra tre prosjekter:

- NVEs prosjekt for sikring av skredgropa har finansiert alle feltundersøkelsene, samt laboratorieundersøkelsene fra 2011 (NGI prosjektnr. 20110544)
- FoU-prosjektet ”SP1. Skred i sensitiv leire” finansierer medgått tid til FoU (NGI prosjektnr. 20120166)
- NIFS finansierer laboratorieundersøkelsene utført i 2012 (dette prosjektet – NGI prosjektnr. 20120853)

Under oppstartsmøtet den 3. oktober 2012 ble det avtalt at leveransen til NIFS i dette prosjektet skulle være en ren laborierapport (jf. møtereferat). Alle laboratorieundersøkelsene er nå utført og resultatene presenteres i denne laborierapporten. Denne revisjonen (rev. 1) inkluderer mikroskopanalyse (SEM) av kornstruktur. Disse analysene var ikke med i forrige utgave (rev. 0).

## Innhold

<b>Vedlegg 1: Rutineundersøkelser</b>	<b>3</b>
1.1 Borprofil, borpunkt 7	4
1.2 Borprofil, borpunkt 10A	5
<b>Vedlegg 2: Kornfordelingsanalyse</b>	<b>6</b>
2.1 Kornfordelingskurver, borpunkt 7	7
2.2 Kornfordelingskurver, borpunkt 10A	8
<b>Vedlegg 3: Ledningsevne / saltinnhold</b>	<b>9</b>
3.1 Ledningsevne / saltinnhold, borpunkt 7 og 10A	10
<b>Vedlegg 4: Treksialforsøk</b>	<b>11</b>
4.1-4.2 Borpunkt 7-CAUA-dybde 8,50m (7-3-C-1)	12
4.3-4.4 Borpunkt 7-CAUA-dybde 8,50m (7-3-C-1)	13
4.5-4.6 Borpunkt 7-CAUA-dybde 9,55m (7-4-C-1)	14
4.7-4.8 Borpunkt 7-CAUA-dybde 9,55m (7-4-C-1)	15
4.5-4.6 Borpunkt 10A-CAUA-dybde 6,50m (10-4-A-1)	16
4.5-4.6 Borpunkt 10A-CAUA-dybde 6,50m (10-4-A-1)	17
4.7-4.8 Borpunkt 10A-CAUA-dybde 8,50m (10-6-A-1)	18
4.7-4.8 Borpunkt 10A-CAUA-dybde 8,50m (10-6-A-1)	19
<b>Vedlegg 5: Ødometerforsøk</b>	<b>20</b>
5.1-5.3 Borpunkt 7-CRS-dybde 9,42m (7-4-B-1)	21
5.1-5.3 Borpunkt 7-CRS-dybde 9,42m (7-4-B-1)	22
5.1-5.3 Borpunkt 7-CRS-dybde 9,42m (7-4-B-1)	23
5.4-5.6 Borpunkt 7-CRS-dybde 11,62m (7-5-C-1)	24
5.4-5.6 Borpunkt 7-CRS-dybde 11,62m (7-5-C-1)	25
5.4-5.6 Borpunkt 7-CRS-dybde 11,62m (7-5-C-1)	26
5.7-5.9 Borpunkt 10A-CRS-dybde 6,63m (10A-4-E-1)	27
5.7-5.9 Borpunkt 10A-CRS-dybde 6,63m (10A-4-E-1)	28
5.7-5.9 Borpunkt 10A-CRS-dybde 6,63m (10A-4-E-1)	29
5.10-5.12 Borpunkt 10A-CRS-dybde 8,77m (10A-6-F-1)	30
5.10-5.12 Borpunkt 10A-CRS-dybde 8,77m (10A-6-F-1)	31
5.10-5.12 Borpunkt 10A-CRS-dybde 8,77m (10A-6-F-1)	32
<b>Vedlegg 6: Mikroskopanalyse (SEM)</b>	<b>33</b>

## Kontroll- og referanseside



Dokumentnr.: 20120853-01-TN  
Dato: 2012-11-28  
Rev. nr.: 1, datert 2013-01-04  
Side: 3

## **Vedlegg 1: Rutineundersøkelser**


*1.1 Borprofil, borpunkt 7*

*1.2 Borprofil, borpunkt 10A*

Dybde (m)	Beskrivelse	Prøve Forsøk	Vanninnhold (%)							Tyngdetetthet (kN/m <sup>3</sup> )					Porøsitet (%)	Humus (%)	Skjærfasthet (kN/m <sup>2</sup> )										S <sub>t</sub> Konus										
			10	20	30	40	50	60	70	16	17	18	19	20			10	20	30	40	50	60	70	80	90	100											
5																																					
	LEIRE siltig, bløt, enkelte siltlag, noen finsandlag	1																																			4
	LEIRE siltig, bløt til middels fast, noen siltlommer, enkelte sjikt av silt forstyrret prøve	2 K																																			4
	LEIRE toppen av prøven forstyrret, siltig, bløt til middels fast, enkelte skråstilte siltlag, noen få tynne finsandlag	3 T																																			4
10	LEIRE siltig, enkelte finsand/siltlag	4 K, T, Ø																																			4
	LEIRE siltig, fast, enkelte finsand/siltlag	5 Ø																																			2
	LEIRE noen få gruskom, spredte sandkom forstyrret på toppen av prøven, siltig, middels fast, enkelte finsandlag, noen få sandkom	6 K																																			13
15	LEIRE siltig, middels fast, noen finsandlag, enkelte silt/finsandlag, noen få gruskom	7																																			12
	LEIRE siltig, middels fast, enkelte finsand- og siltlag, noen få gruskom	8 K																																			9
																																					10
																																					10
20																																					

**TEGNFORKLARING:**

- |        |  |                |                         |     |                            |
|--------|--|----------------|-------------------------|-----|----------------------------|
| —○—    | Plastisitetsgrense/Vanninnhold/Flytegrense | ○              | Treksial forsøk, aktiv  | Ø   | Ødometer forsøk            |
| 15-○-5 | Enaks. trykkforsøk/def.ved brudd           | ●              | Treksial forsøk, passiv | P   | Permeabilitetsforsøk       |
| 10     |  | ⊙              | Treksial forsøk, passiv | K   | Korngraderingsanalyse      |
| ▽      | Konus forsøk, uforstyrret                  | ⊞              | Direkte skjærforsøk     | T   | Treksial forsøk            |
| ▼      | Konus forsøk, omrørt                       | +              | Vingeboring             | K/S | Kalk-/Sement stabilisering |
| +      | Vingeboring                                | S <sub>t</sub> | Sensitivitet            |     |                            |

<b>NIFS-N-6.7.2-Styrkekning av rekonsolidert kvikkleire</b>		Dato/Rev. 2012-09-25/03
Borprofil		Dokumentnr. 20120853-1
Borpunkt nr.: 7	Prøvetype: 75 mm	Dato 2012-11-13
	Terrengkote: m	Figurnr. 1
	Grunnvannst. dybde: m	Tegner FI
	Dato boret: 2012-10-02	







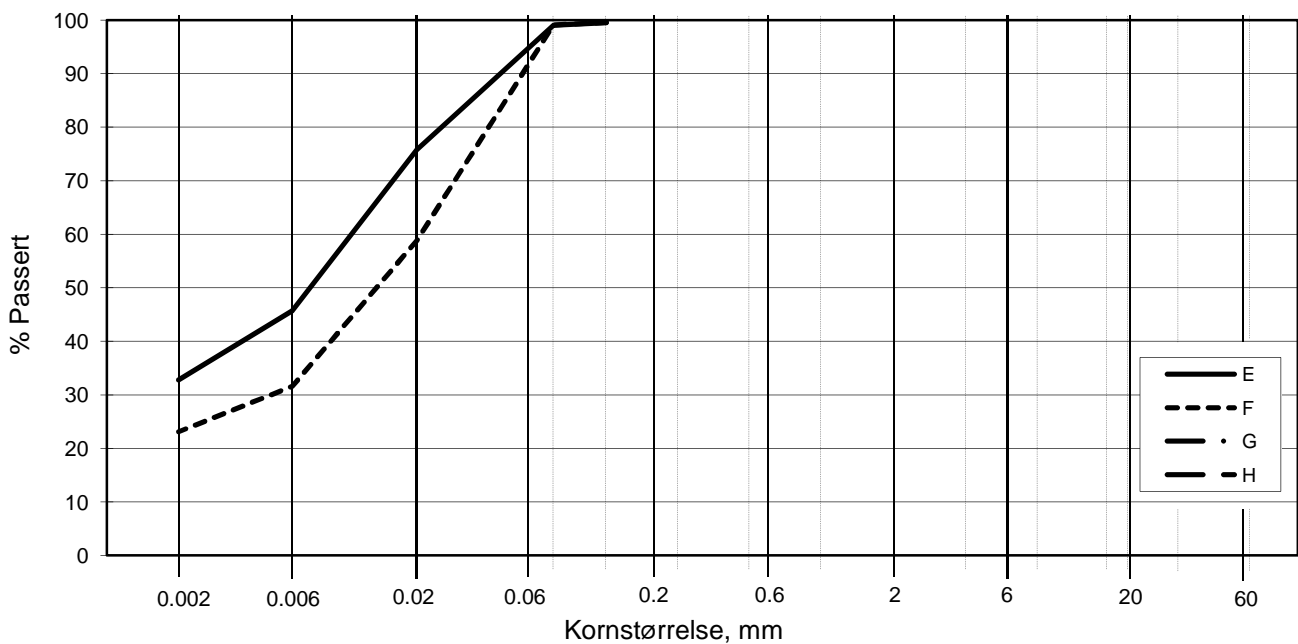
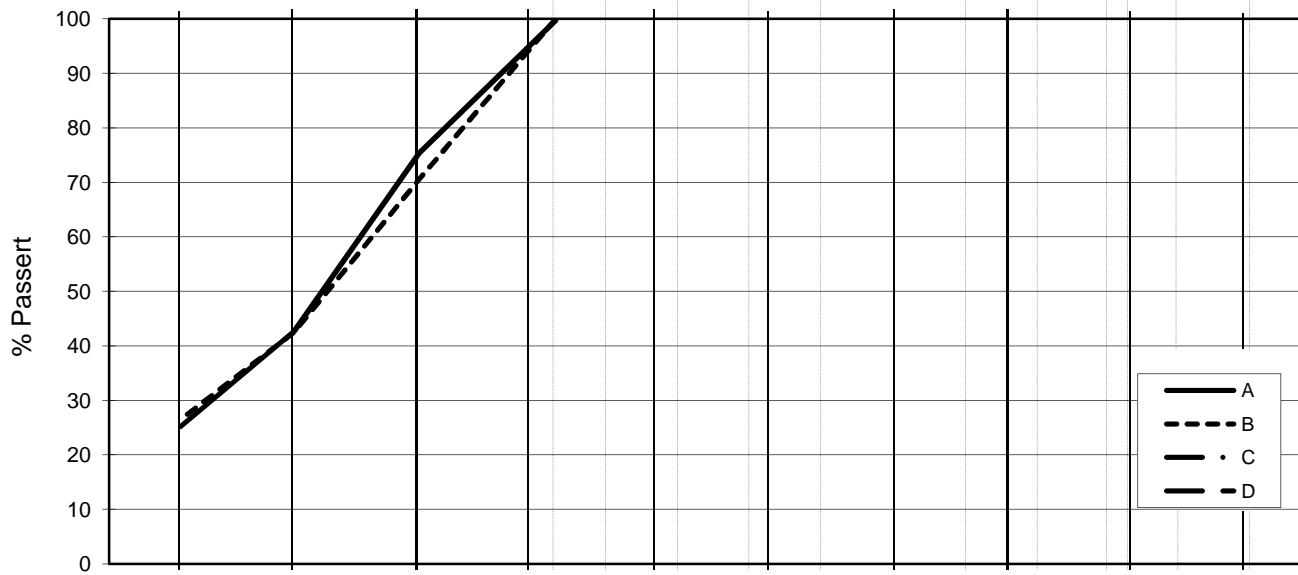
Dokumentnr.: 20120853-01-TN  
Dato: 2012-11-28  
Rev. nr.: 1, datert 2013-01-04  
Side: 6

## **Vedlegg 2: Kornfordelingsanalyse**

*2.1 Kornfordelingskurver, borpunkt 7*

*2.2 Kornfordelingskurver, borpunkt 10A*

L E I R	SILT			SAND			GRUS								
	Fin	Middels	Grov	Fin	Middels	Grov	Fin	Middels	Grov						
US Standard Sikt				200	100	50	30	16	8	4	3/8"	3/4"	1.5"	3"	
ISO Standard Sikt				.075	.125	.25	.5	1	2	4	8	16	19	31.5	63



Kurve	Hull nr.	Prøve nr.	Dybde m	$C_u$ ( $d_{60} / d_{10}$ )	Tele gr.	Leir innh. %	Jordartsbetegnelse	Metode tørr/våt sikt
A	7	2	7.55		T4	25.2	LEIRE, siltig	Fall
B	7	4	9.22		T4	26.5	LEIRE, siltig	Fall
C								
D								
E	7	6	12.65		T4	32.8	LEIRE	Fall
F	7	8	15.6		T4	23.1	LEIRE, siltig	Fall
G								
H								

Rev. NT-12 / Dato 2010-11-22 / Sign. SK/EB

H:\LABDATA\2012\20120853\Rutine\Kornfordelingskurver- BH7.xlsx\Plo

### NIFS-N-6.7.2-Styrkeøkning av rekonsolidert kvikkleire

Kornfordelingskurver

Vedlegg 2.1

Dokumentnr.

20120853

Dato

2012-11-12

Figurnr.

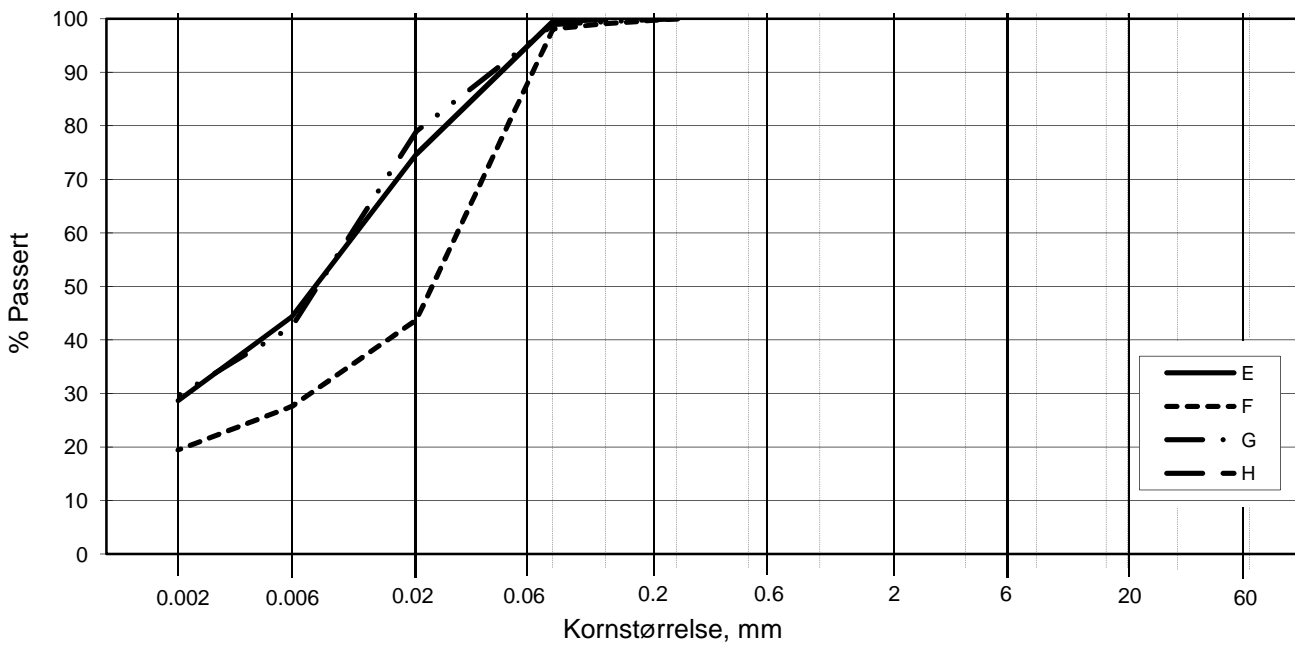
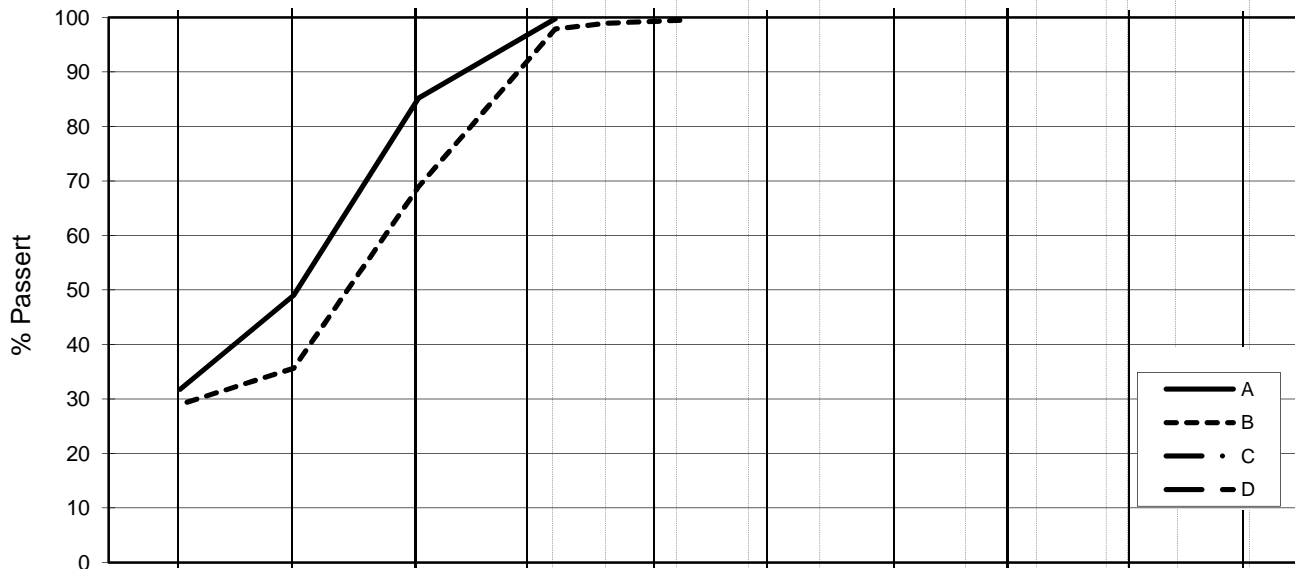
XX.XX

Tegnet av

FP/




L E I R	SILT			SAND			GRUS							
	Fin	Middels	Grov	Fin	Middels	Grov	Fin	Middels	Grov					
US Standard Sikt				200	100	50	30	16	8	4	3/8"	3/4"	1.5"	3"
ISO Standard Sikt				.075	.125	.25	.5	1	2	4	8	16	31.5	63



Kurve	Hull nr.	Prøve nr.	Dybde m	C <sub>u</sub> (d <sub>60</sub> / d <sub>10</sub> )	Tele gr.	Leir innh. %	Jordartsbetegnelse	Metode tørr/våt sikt
A	10A	4	6.37		T4	31.7	LEIRE	Fall
B	10A	6	8.45		T4	29.0	LEIRE, siltig	Fall
C								
D								
E	10A	8	11.6		T4	28.7	LEIRE, siltig	Fall
F	10A	9	13.44		T4	19.5	LEIRE, siltig	Fall
G	10A	9	13.85		T4	29.6	LEIRE, siltig	Fall
H								

Rev. NT-12 / Dato 2010-11-22 / Sign. SK/EB

H:\LABDATA\2012\20120853\Rutine\Kornfordelingskurver-BH10A.xlsx\Plot

NIFS-N-6.7.2-Styrkekøkning av rekonsolidert kvikkleire	Dokumentnr.	20120853
	Dato	2012-10-22
Kornfordelingskurver	Figurnr.	XX.XX
	Tegnet av	FP/
Vedlegg 2.2		



Dokumentnr.: 20120853-01-TN  
Dato: 2012-11-28  
Rev. nr.: 1, datert 2013-01-04  
Side: 9

### **Vedlegg 3: Ledningsevne / saltinnhold**

#### ***3.1 Ledningsevne / saltinnhold, borpunkt 7 og 10A***





#### **Vedlegg 4: Treaksialforsøk**

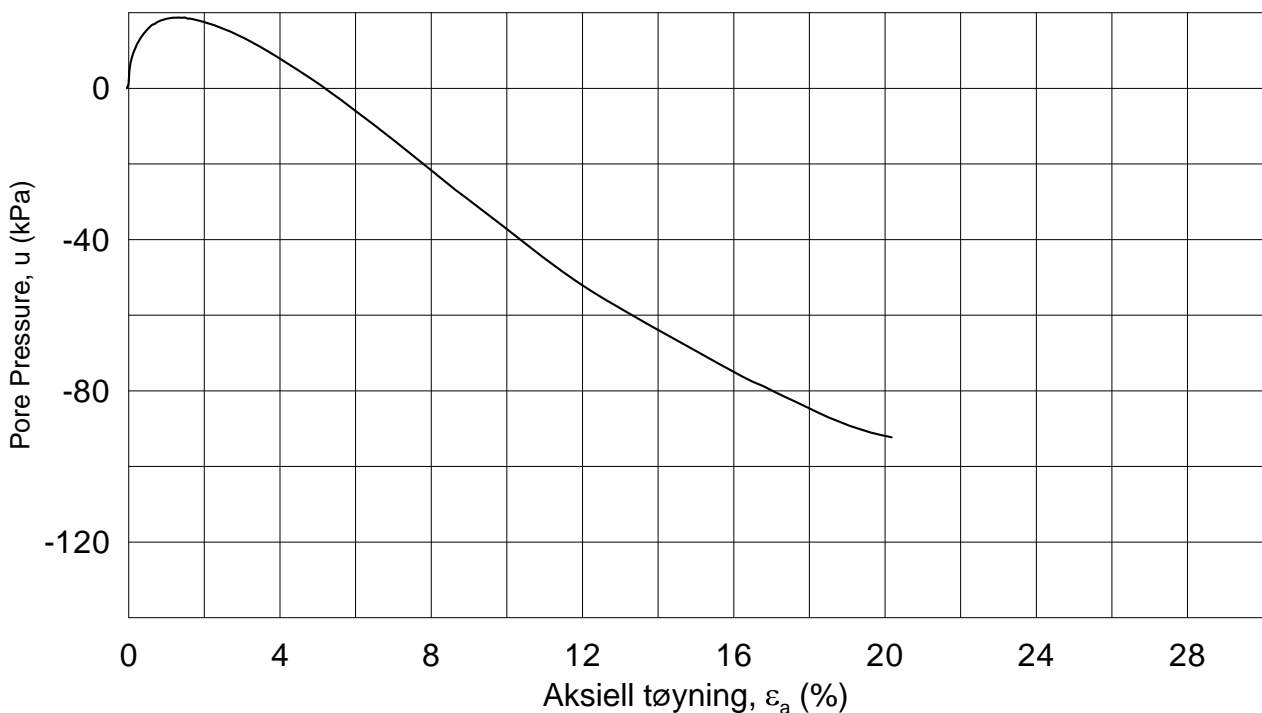
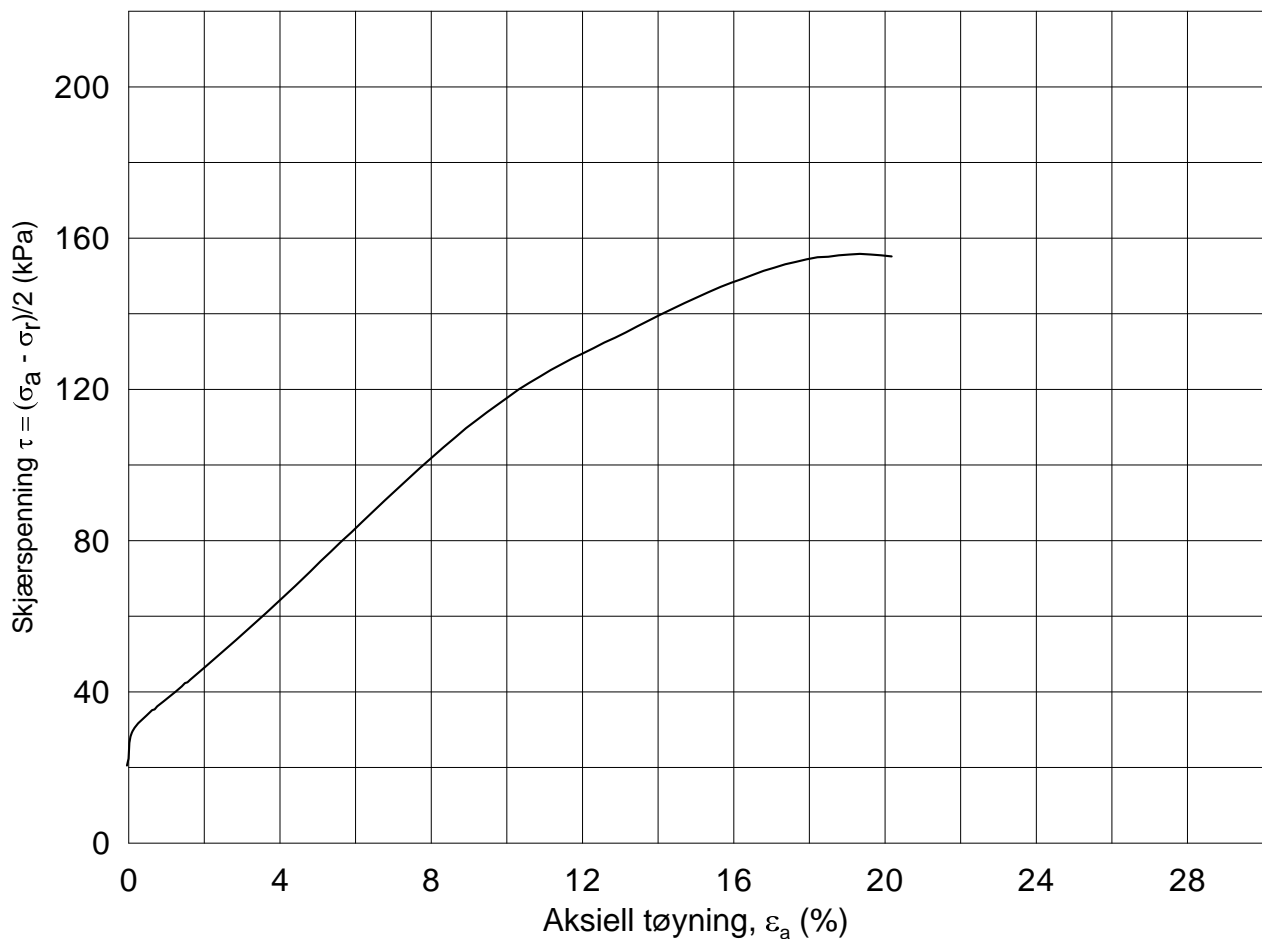
***4.1-4.2 Borpunkt 7-CAUA-dybde 8,50m (7-3-C-1)***

***4.3-4.4 Borpunkt 7-CAUA-dybde 9,55m (7-4-C-1)***

***4.5-4.6 Borpunkt 10A-CAUA-dybde 6,50m (10-4-A-1)***

***4.7-4.8 Borpunkt 10A-CAUA-dybde 8,50m (10-6-A-1)***





Date/Rev.: 2009-11-03/01

**NIFS-N-6.7.2-Styrkekøkning av rekonsolidert kvikkleire**

Dokument nr.  
20120853-1

Treaksial forsøk: **CAUA**

Dato  
2012-10-30

Boring: **7**

Dybde = **8.50** m

Konsolidering-spenninger

Sylinder: **3**

$p_{o'}$  = **91.5** kPa

(kPa) maks. min. endelig

Figur nr.

1

Del: **C**

$w_i$  = **21.8** %

$\sigma_{ac}'$  = - - **91.5**

Tegnet av

MAS

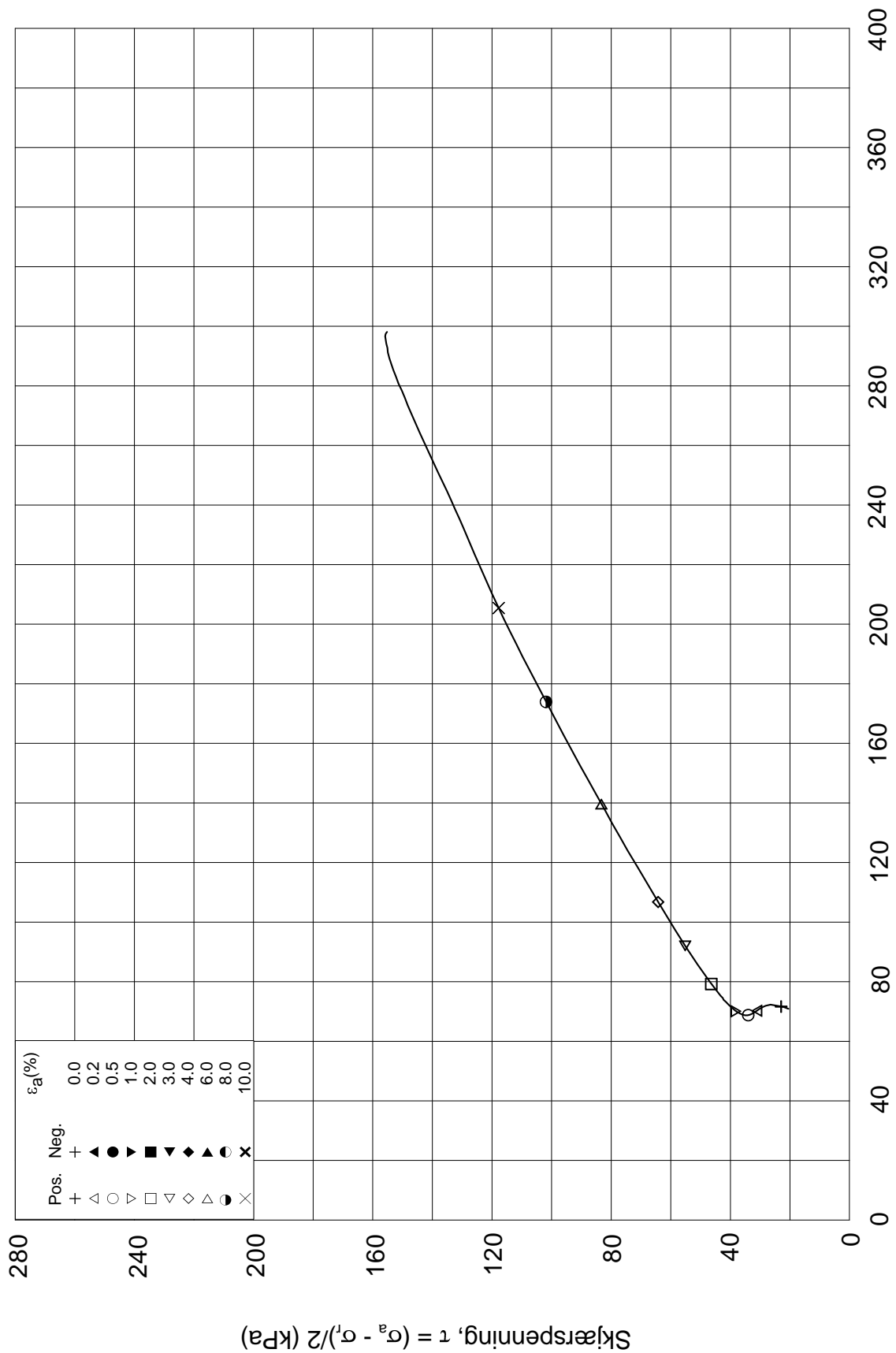
Test: **1**

$w_c$  = **19.9** %

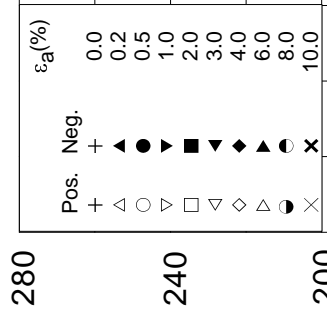
$\sigma_{rc}'$  = - - **50.4**



7-3-C-1.Plot1.grf



Effektiv gjennomsnittsspenning,  $p' = (\sigma_a' + \sigma_t')/2$  (kPa)



Date/Rev.: 2009-11-03/01

**NIFS-N-6.7.2-Styrkekøkning av rekonsolidert kvikkleire**

Dokument nr.  
20120853-1

Treaksial forsøk: **CAUA**

Dato  
2012-10-30

Boring: **7**

Dybde = **8.50** m

Konsolidering-spenninger

Sylinder: **3**

$p_{o'}$  = **91.5** kPa

(kPa) maks. min. endelig

Figur nr.

2

Del: **C**

$w_i$  = **21.8** %

$\sigma_{ac}'$  = - - **91.5**

Tegnet av  
MAS

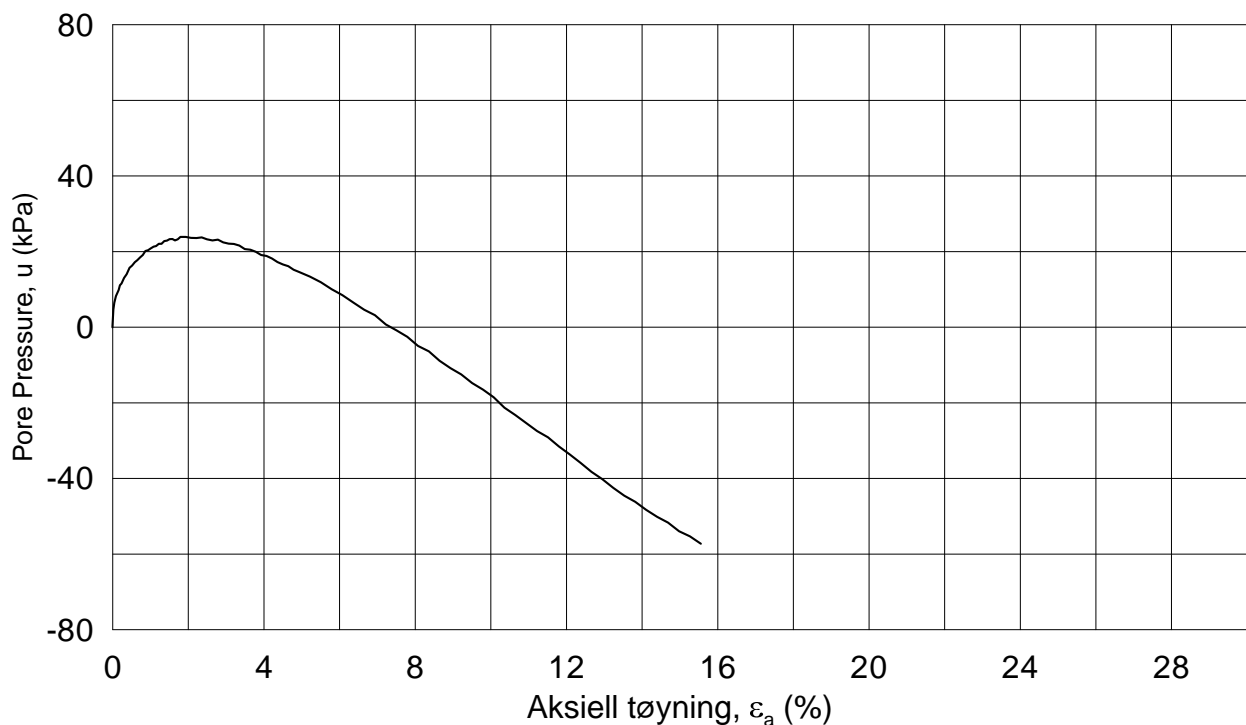
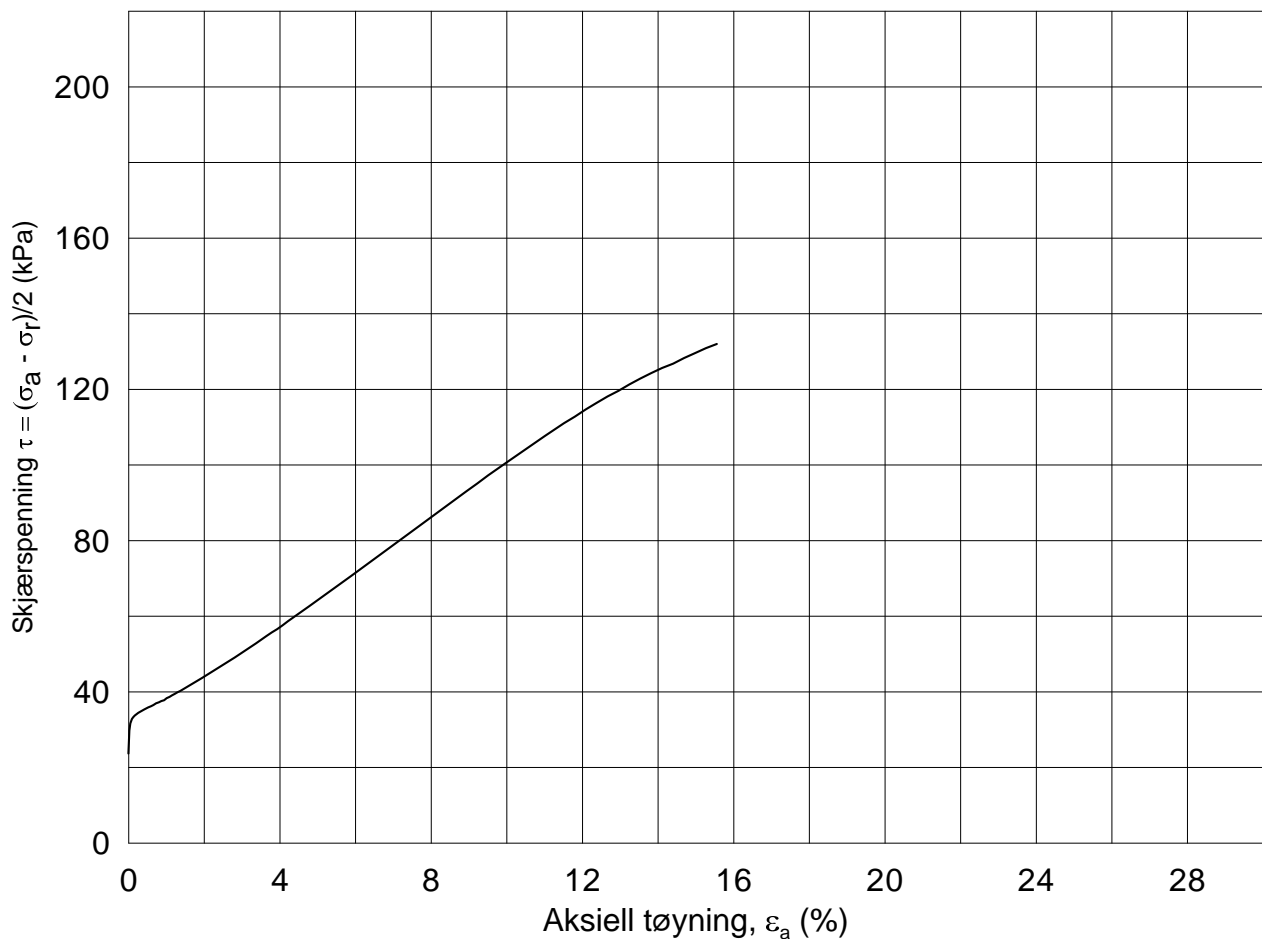
Test: **1**

$w_c$  = **19.9** %

$\sigma_{rc}'$  = - - **50.4**



7-3-C-1.Plot2.gif



Date/Rev.: 2009-11-03/01

**NIFS-N-6.7.2-Styrkekøkning av rekonsolidert kvikkleire**

Dokument nr.  
20120853-1

Treaksial forsøk: **CAUA**

Dato  
2012-10-30

Boring: **7**

Dybde = **9.55** m

Konsolidering-spenninger

Sylinder: **4**

$p_{o'}$  = **105.5** kPa

(kPa) maks. min. endelig

Figur nr.

1

Del: **C**

$w_i$  = **21.0** %

$\sigma_{ac}'$  = - - **105.5**

Tegnet av

MAS

Test: **1**

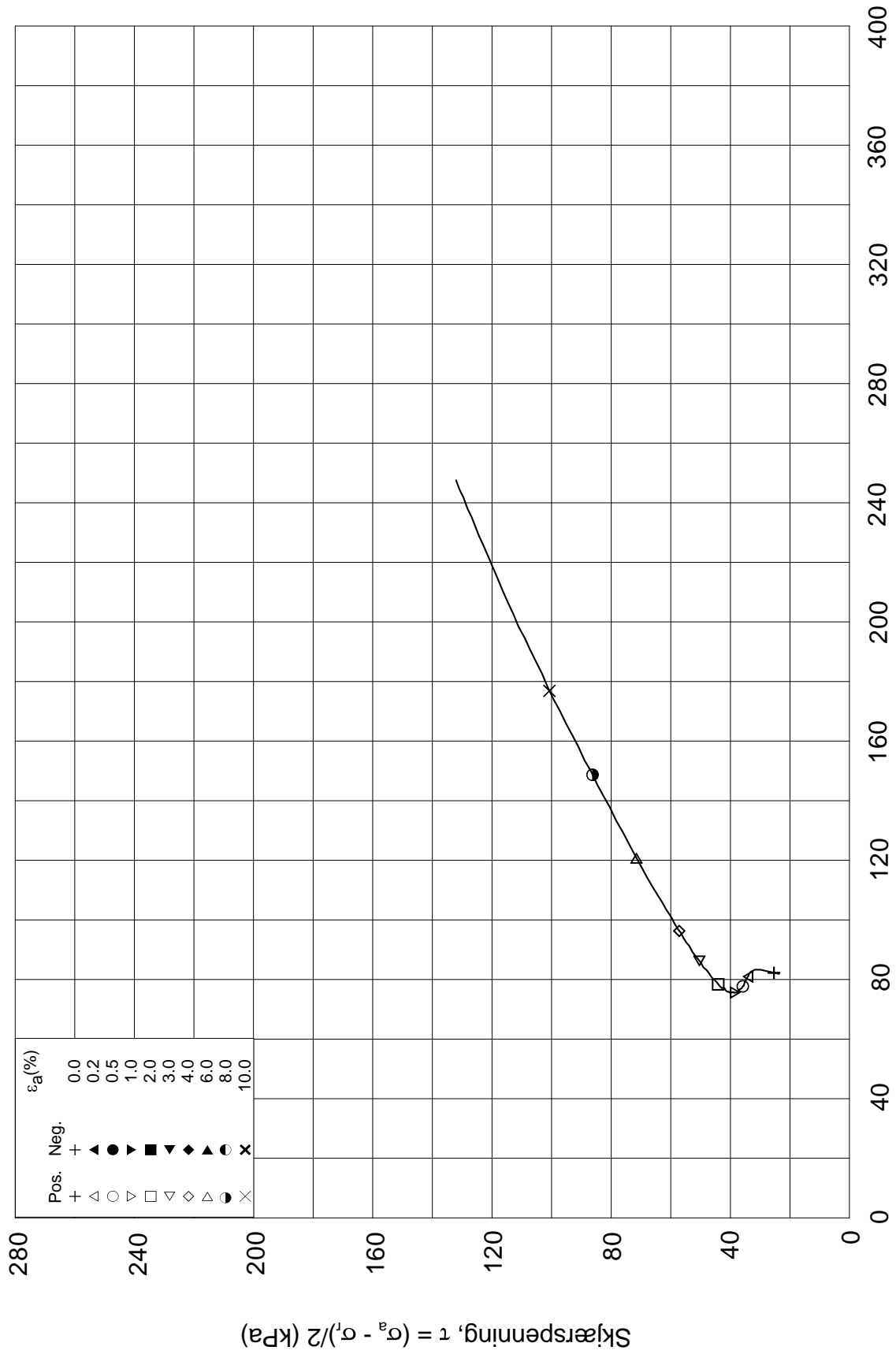
$w_c$  = **19.5** %

$\sigma_{rc}'$  = - - **58.1**



7-4-C-1.Plot1.gif

Effektiv gjennomsnittsspenning,  $p' = (\sigma'_a + \sigma'_l)/2$  (kPa)

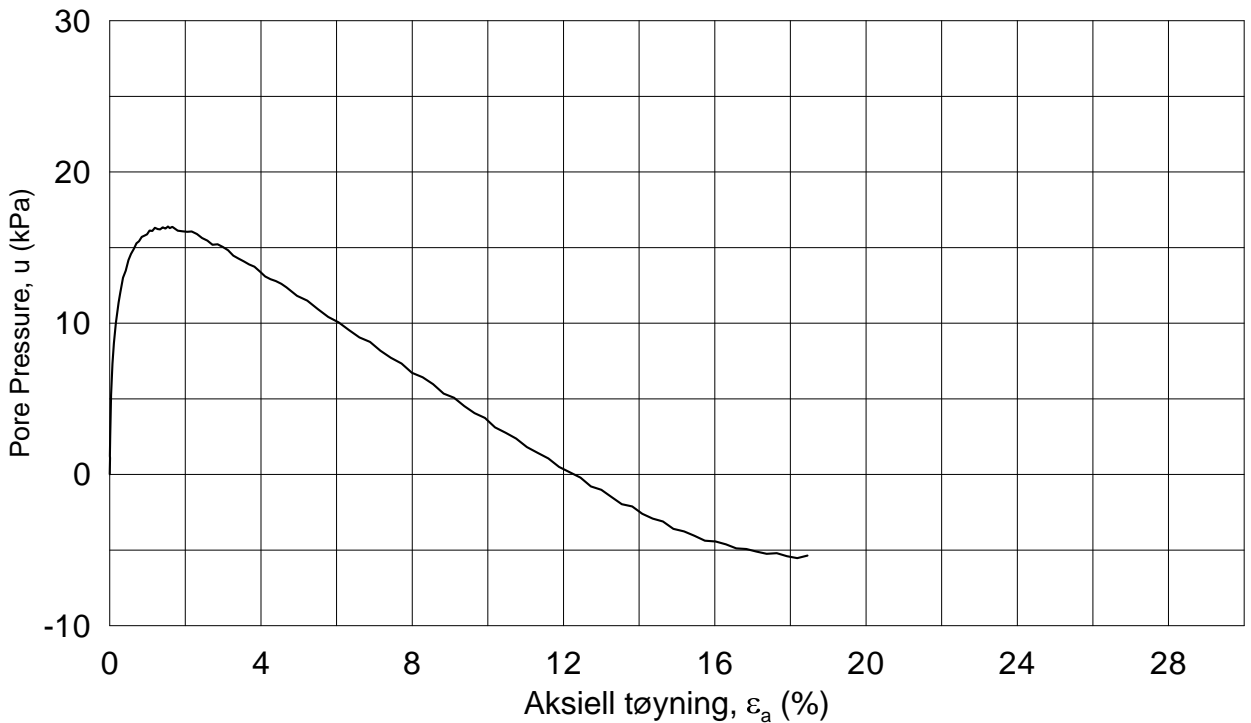
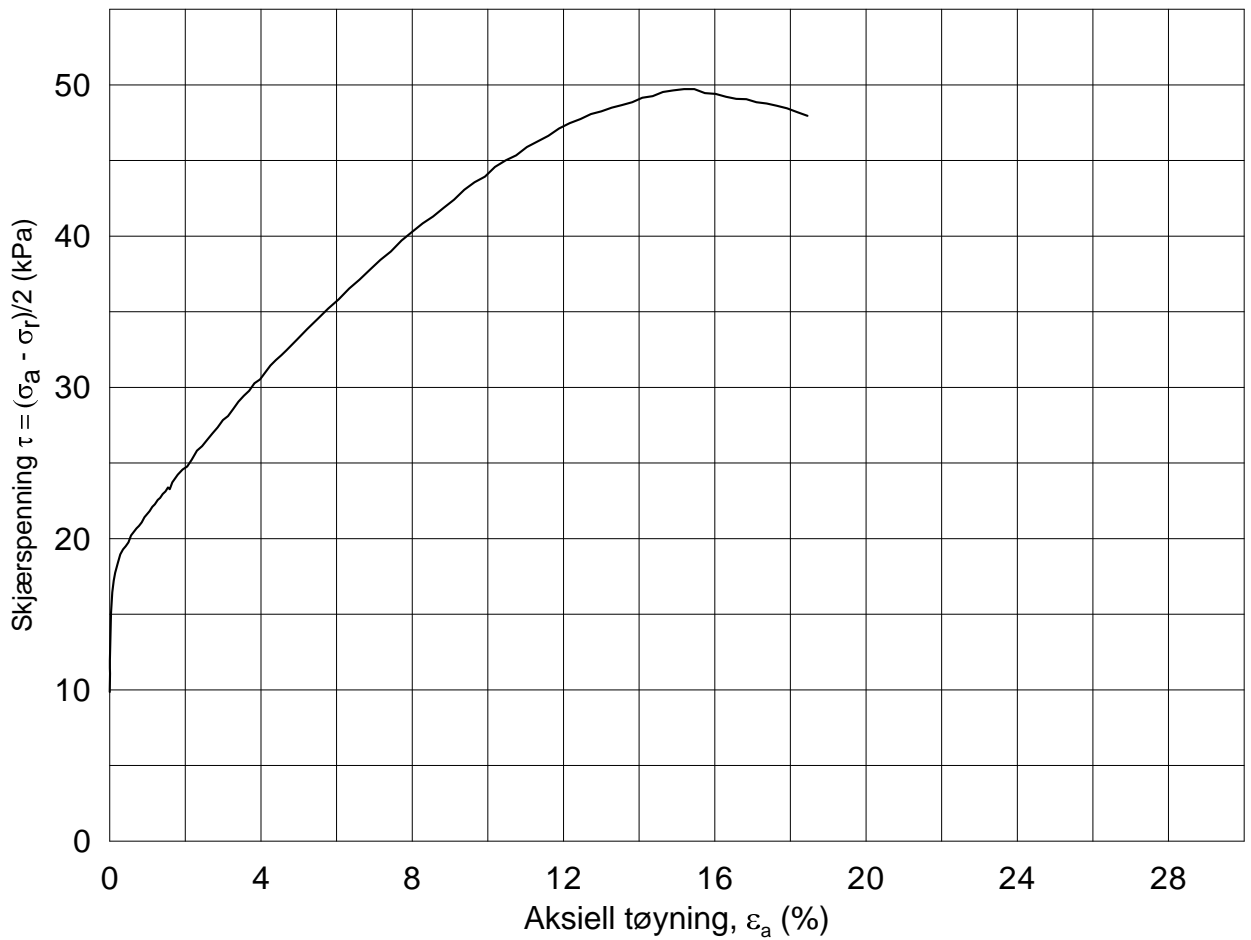


Date/Rev.: 2009-11-03/01

<b>NIFS-N-6.7.2-Styrkekøkning av rekonsolidert kvikkleire</b>			Dokument nr. 20120853-1
Treaksial forsøk: <b>CAUA</b>			Dato 2012-10-30
Boring: <b>7</b>	Dybde = <b>9.55</b> m	Konsolidering-spenninger	
Sylinder: <b>4</b>	$p_{o'}$ = <b>105.5</b> kPa	(kPa)	maks. min. endelig
Del: <b>C</b>	$w_i$ = <b>21.0</b> %	$\sigma_{ac}'$ = - - <b>105.5</b>	Figur nr. 2
Test: <b>1</b>	$w_c$ = <b>19.5</b> %	$\sigma_{rc}'$ = - - <b>58.1</b>	Tegnet av MAS



7-4-C-1.Plot2.gif



Date/Rev.: 2009-11-03/01

**NIFS-N-6.7.2-Styrkekøkning av rekonsolidert kvikkleire**

Dokument nr.  
20120853-1

Treaksial forsøk: **CAUA**

Dato  
2012-10-30

Boring: **10**

Dybde = **6.50** m      Konsolidering-spenninger

Sylinder: **4**

$p_{o'}$  = **53.5** kPa      (kPa)      maks.      min.      endelig

Del: **A**

$w_i$  = **28.3** %       $\sigma_{ac}'$  = -      -      **53.5**

Test: **1**

$w_c$  = **26.4** %       $\sigma_{rc}'$  = -      -      **33.7**

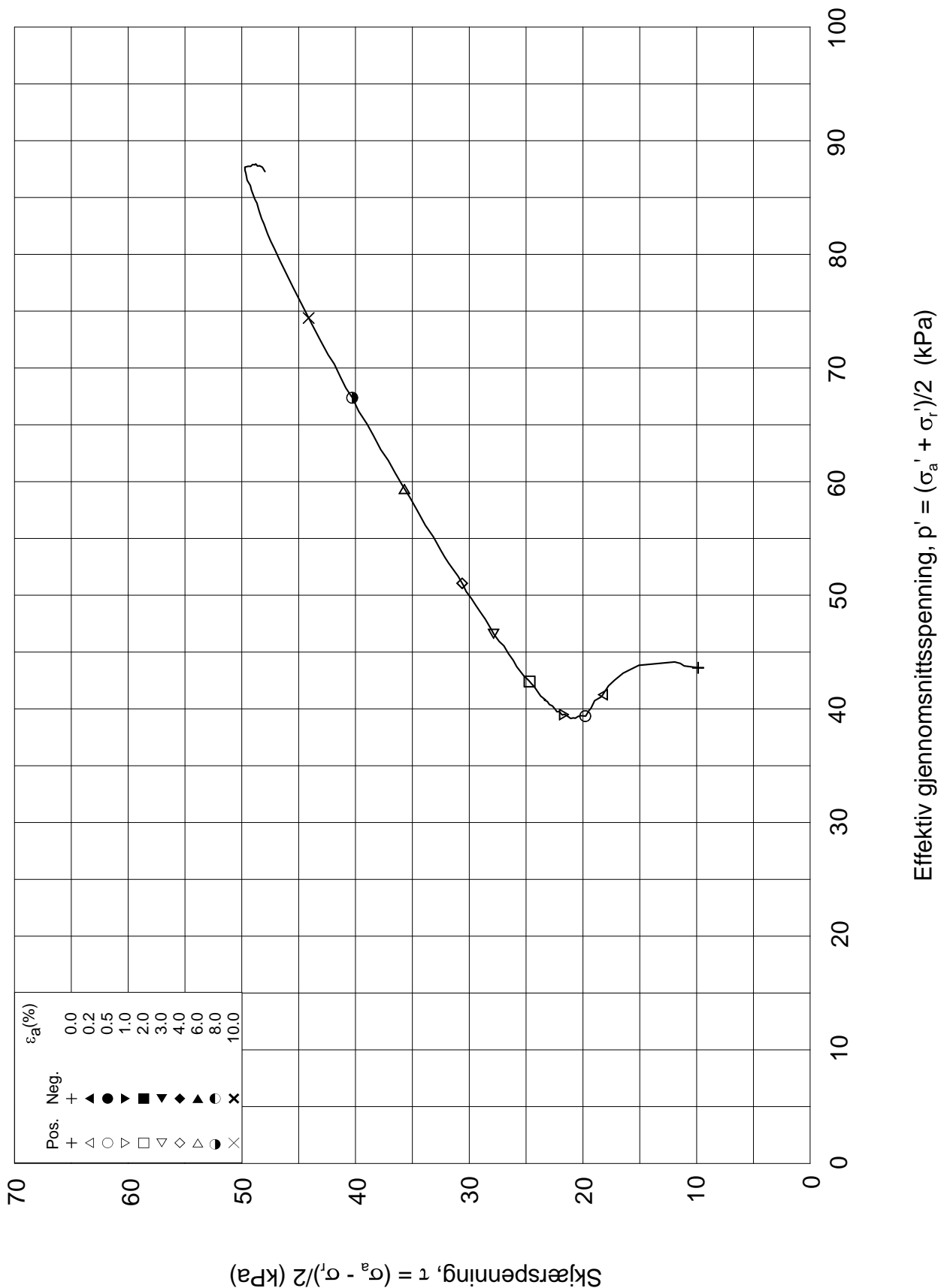
Figur nr.

1

Tegnet av  
MAS



10-4-A-1.Plot1.grf



Date/Rev.: 2009-11-03/01

**NIFS-N-6.7.2-Styrkekøkning av rekonsolidert kvikkleire**

Dokument nr.  
20120853-1

Treaksial forsøk: **CAUA**

Dato  
2012-10-30

Boring: **10**

Dybde = **6.50** m

Konsolidering-spenninger

Sylinder: **4**

$p_{o'}$  = **53.5** kPa

(kPa) maks. min. endelig

Figur nr.

2

Del: **A**

$w_i$  = **28.3** %

$\sigma_{ac}'$  = - - **53.5**

Tegnet av  
MAS

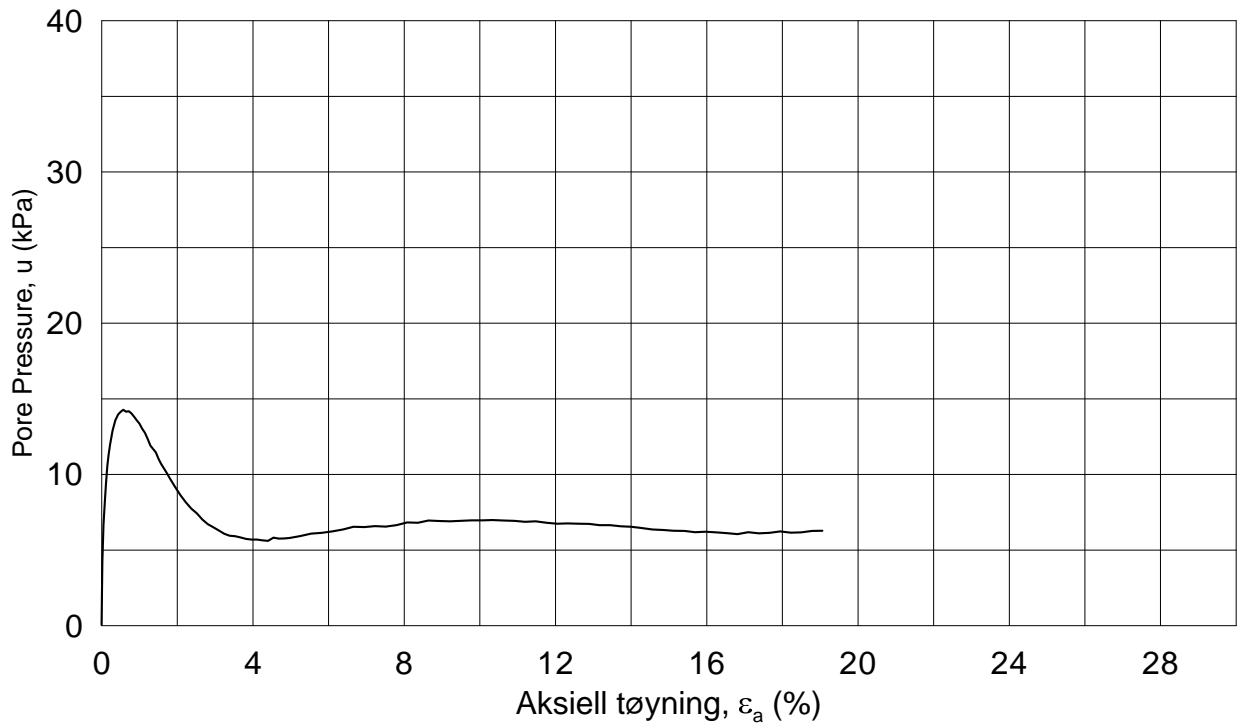
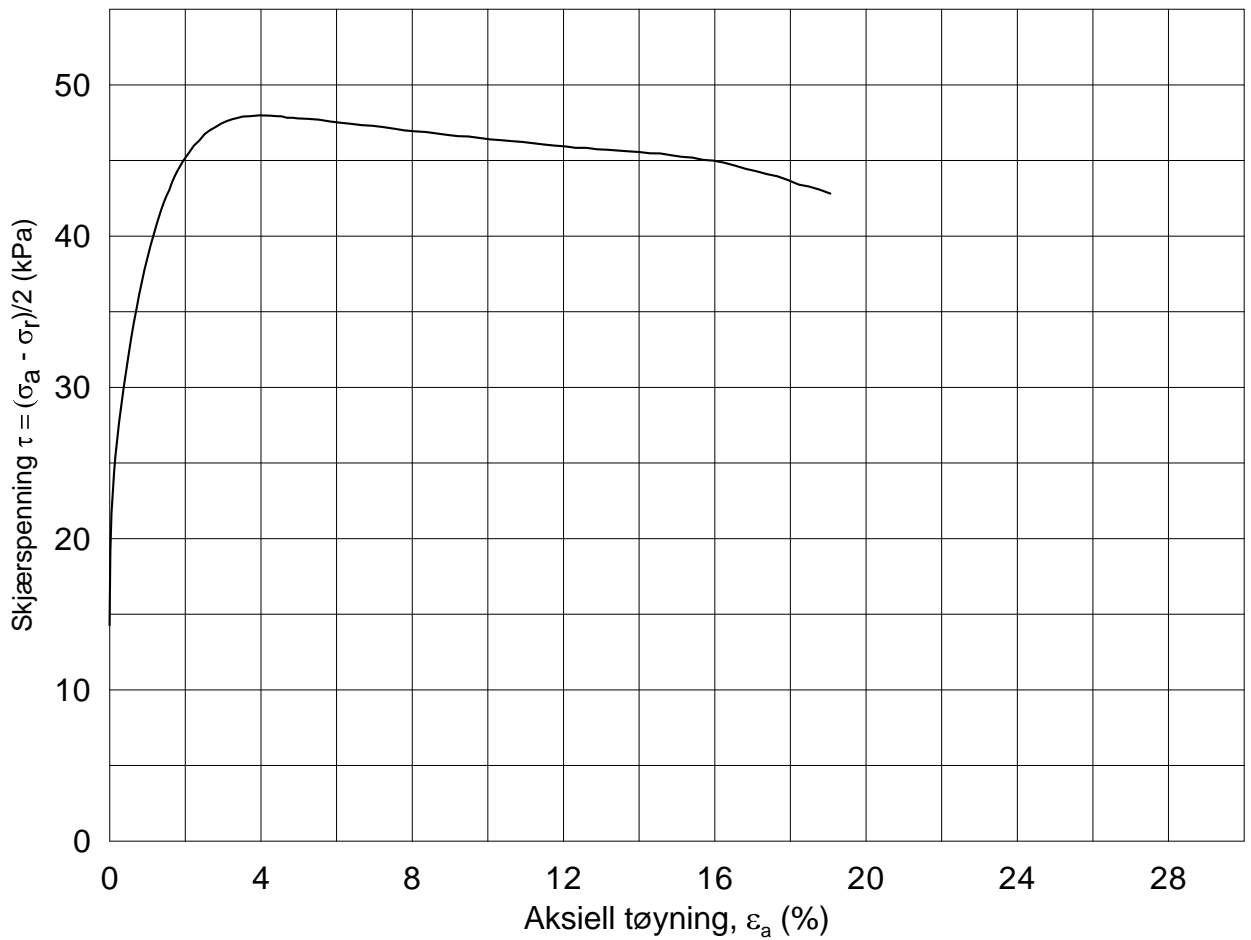
Test: **1**

$w_c$  = **26.4** %

$\sigma_{rc}'$  = - - **33.7**



10-4-A-1\_Plot2.grf



Date/Rev.: 2009-11-03/01

**NIFS-N-6.7.2-Styrkekøkning av rekonsolidert kvikkleire**

Dokument nr.  
20120853-1

Treaksial forsøk: **CAUA**

Dato  
2012-10-30

Boring: **10**

Dybde = **8.50** m      Konsolidering-spenninger

Sylinder: **6**

$p_{o'}$  = **71.5** kPa      (kPa)      maks.      min.      endelig

Del: **A**

$w_i$  = **27.7** %       $\sigma_{ac}'$  =      -      -      **71.6**

Test: **1**

$w_c$  = **27.1** %       $\sigma_{rc}'$  =      -      -      **43.0**

Figur nr.

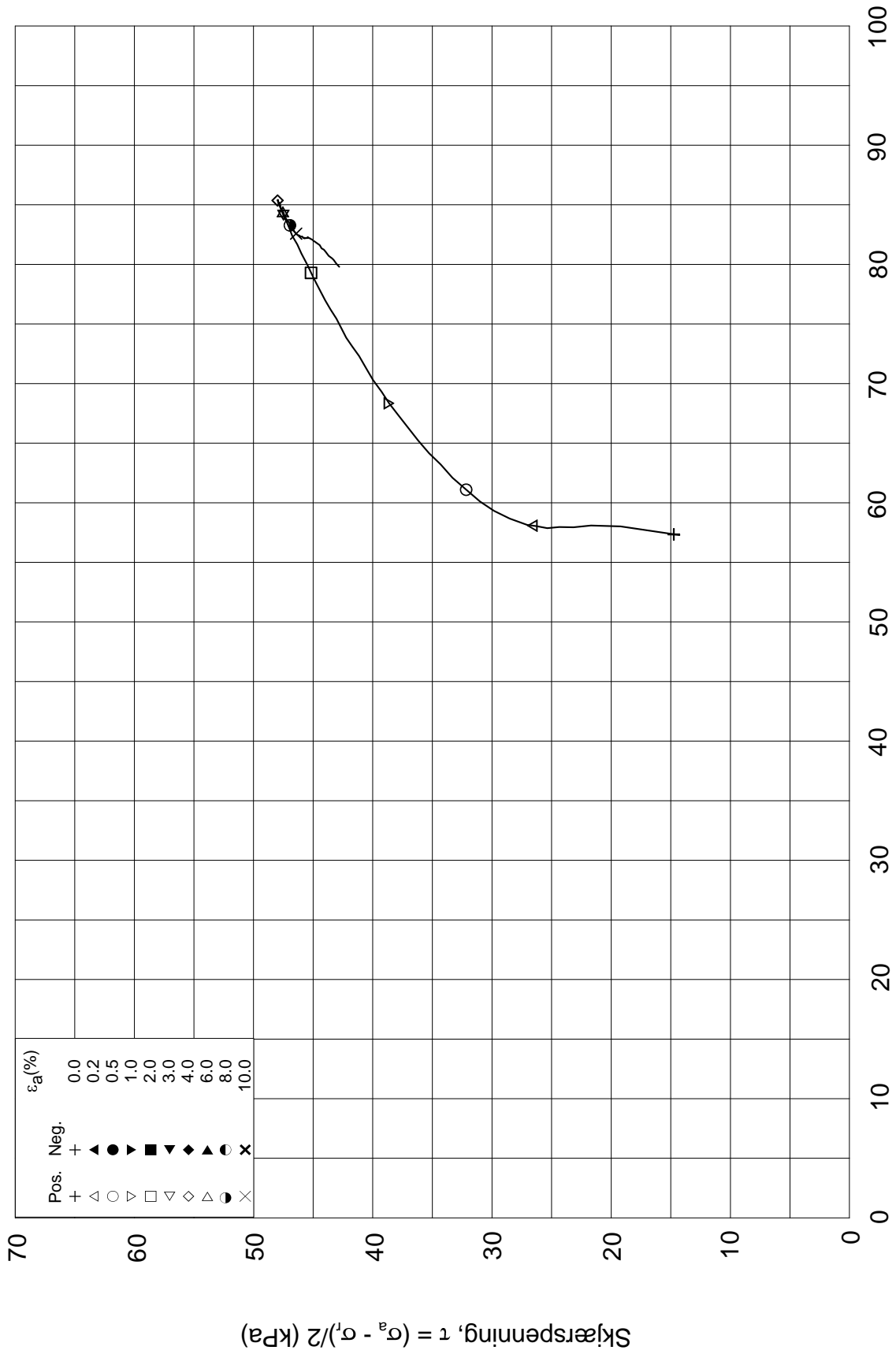
1

Tegnet av  
MAS




10-6-A-1.Plot1.grf

Effektiv gjennomsnittsspenning,  $p' = (\sigma'_a + \sigma'_l)/2$  (kPa)



Pos.	+	△	○	▽	□	◇	△	●	×
	+	△	○	▽	□	◇	△	●	×
Neg.	+	△	○	▽	□	◇	△	●	×
	+	△	○	▽	□	◇	△	●	×

Date/Rev.: 2009-11-03/01

<b>NIFS-N-6.7.2-Styrkekøkning av rekonsolidert kvikkleire</b>				Dokument nr. 20120853-1	
Treaksial forsøk: <b>CAUA</b>				Dato 2012-10-30	
Boring: <b>10</b>	Dybde = <b>8.50</b> m	Konsolidering-spenninger			
Sylinder: <b>6</b>	$p_{o'}$ = <b>71.5</b> kPa	(kPa)	maks.	min.	endelig
Del: <b>A</b>	$w_i$ = <b>27.7</b> %	$\sigma_{ac}'$ =	-	-	<b>71.6</b>
Test: <b>1</b>	$w_c$ = <b>27.1</b> %	$\sigma_{rc}'$ =	-	-	<b>43.0</b>
				Figur nr. 2	
				Tegnet av MAS	
					

10-6-A-1\_Plot2.grf





## **Vedlegg 5: Ødometerforsøk**

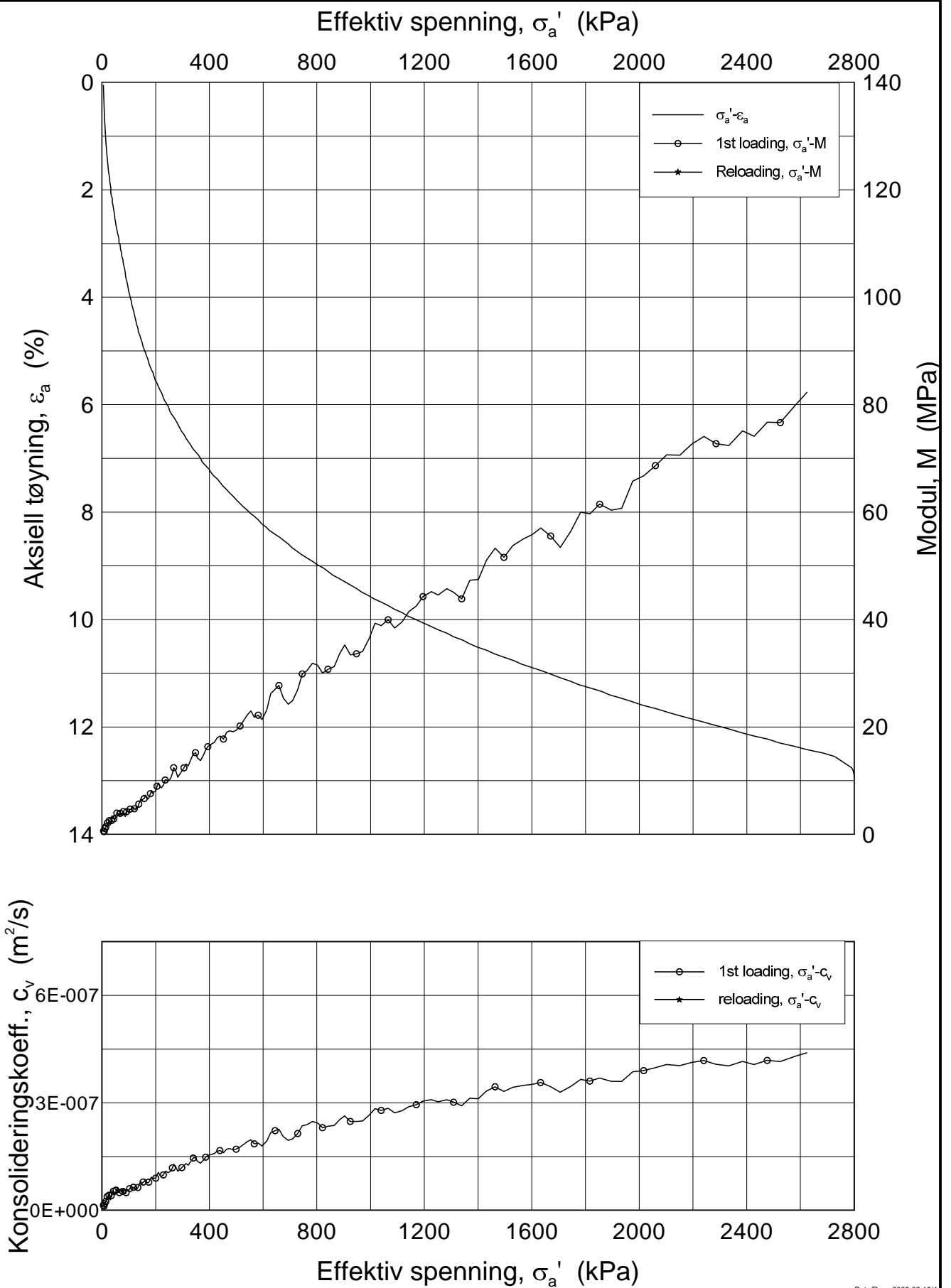
***5.1-5.3 Borpunkt 7-CRS-dybde 9,42m (7-4-B-1)***

***5.4-5.6 Borpunkt 7-CRS-dybde 11,62m (7-5-C-1)***


***5.7-5.9 Borpunkt 10A-CRS-dybde 6,63m (10A-4-E-1)***

***5.10-5.12 Borpunkt 10A-CRS-dybde 8,77m (10A-6-F-1)***

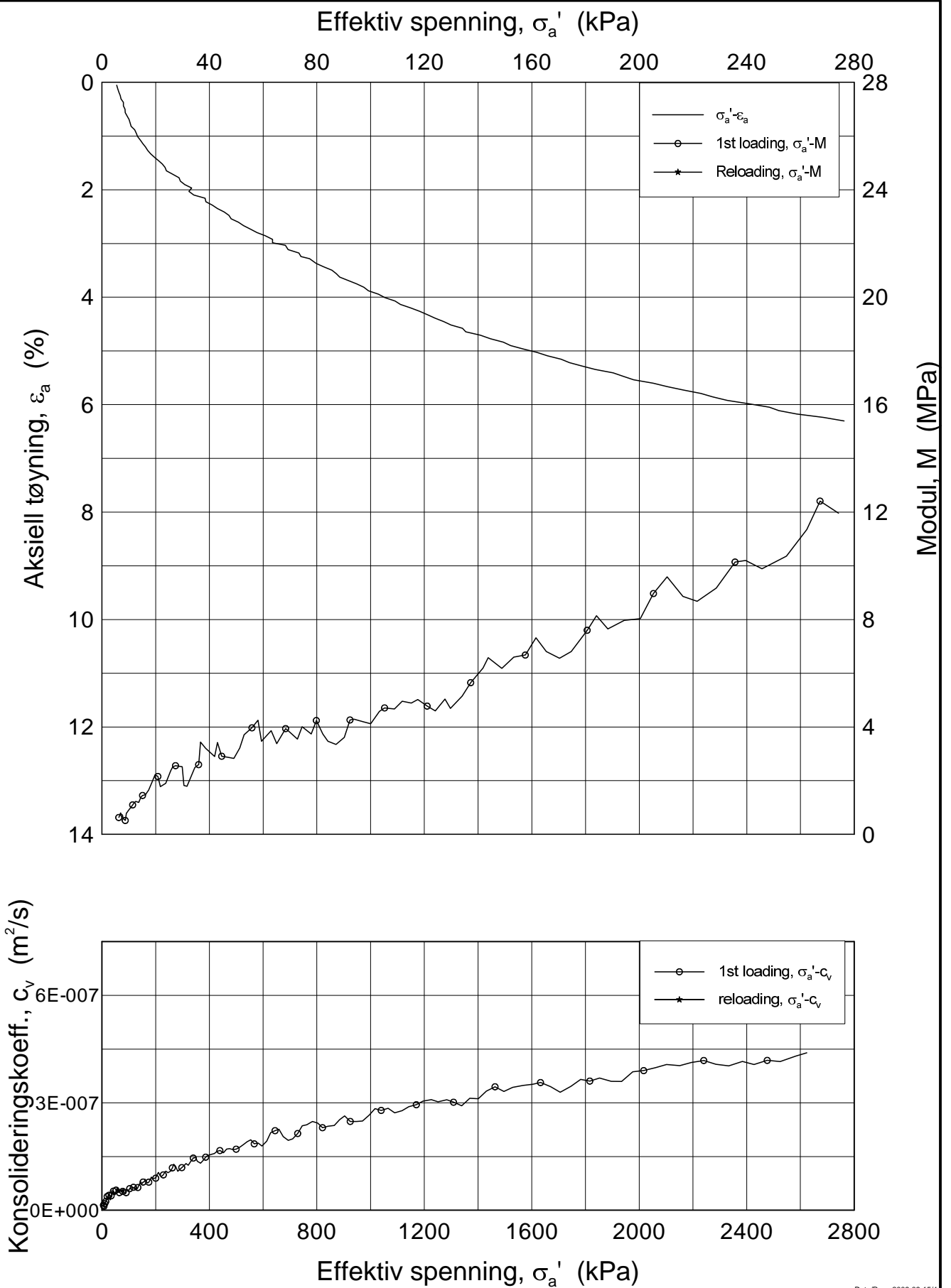
H:\LABDATA\2012\20120853\Oedom\7-4-B-1 lin(crs2137).grf



Dato/Rev.: 2009-09-15/4

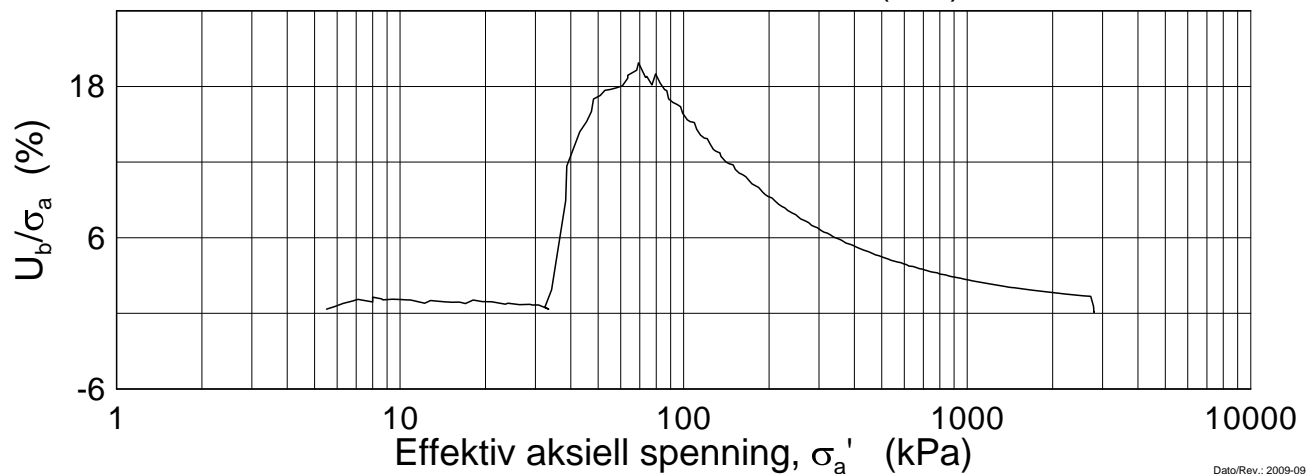
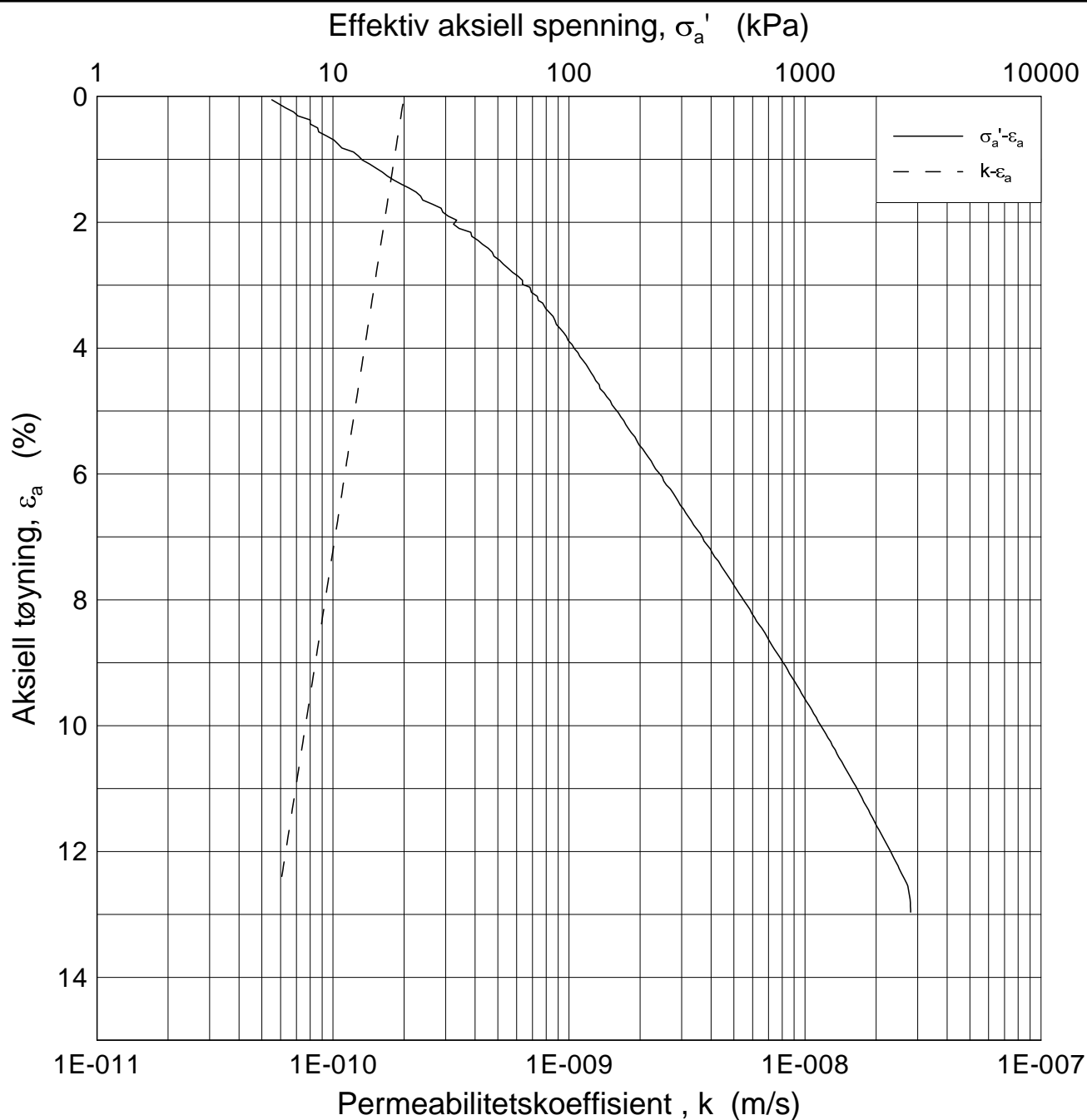
<b>NIFS-N-6.7.2-Styrkekøkning av rekonsolidert kvikkleire</b>			Dokumentnr. 20120853
Oedometer test (CRSC)			Dato 2012-10-26
Borhull: 7	Sylinder: 4	Dybde = 9.42 m	Figurnr. XX.XX
Del: B	Test: 1	$p'_o = 105.5$ kPa	Tegner FP/
		$w_i = 22.69$ %	

H:\LABDATA\2012\20120853\Oedom\7-4-B-1 lin-2(crs2137).grf



Dato/Rev.: 2009-09-15/4

<b>NIFS-N-6.7.2-Styrkekøkning av rekonsolidert kvikkleire</b>			Dokumentnr. 20120853
Oedometer test (CRSC)			Dato 2012-10-26
Borhull: 7	Sylinder: 4	Dybde = 9.42 m	Figurnr. XX.XX
Del: B	Test: 1	$p_o'$ = 105.5 kPa	Tegner FP/
		$w_i$ = 22.69 %	



Dato/Rev.: 2009-09-15/3

**NIFS-N-6.7.2-Styrkekøkning av rekonsolidert kvikkleire**

Dokumentnr.  
20120853

Ødometer test (CRSC)

Dybde = 9.42 m

Dato  
2012-10-26

Borhull: 7

Sylinder: 4

$p_o'$  = 105.5 kPa

Figurnr.  
XX.XX

Del: B

Test: 1

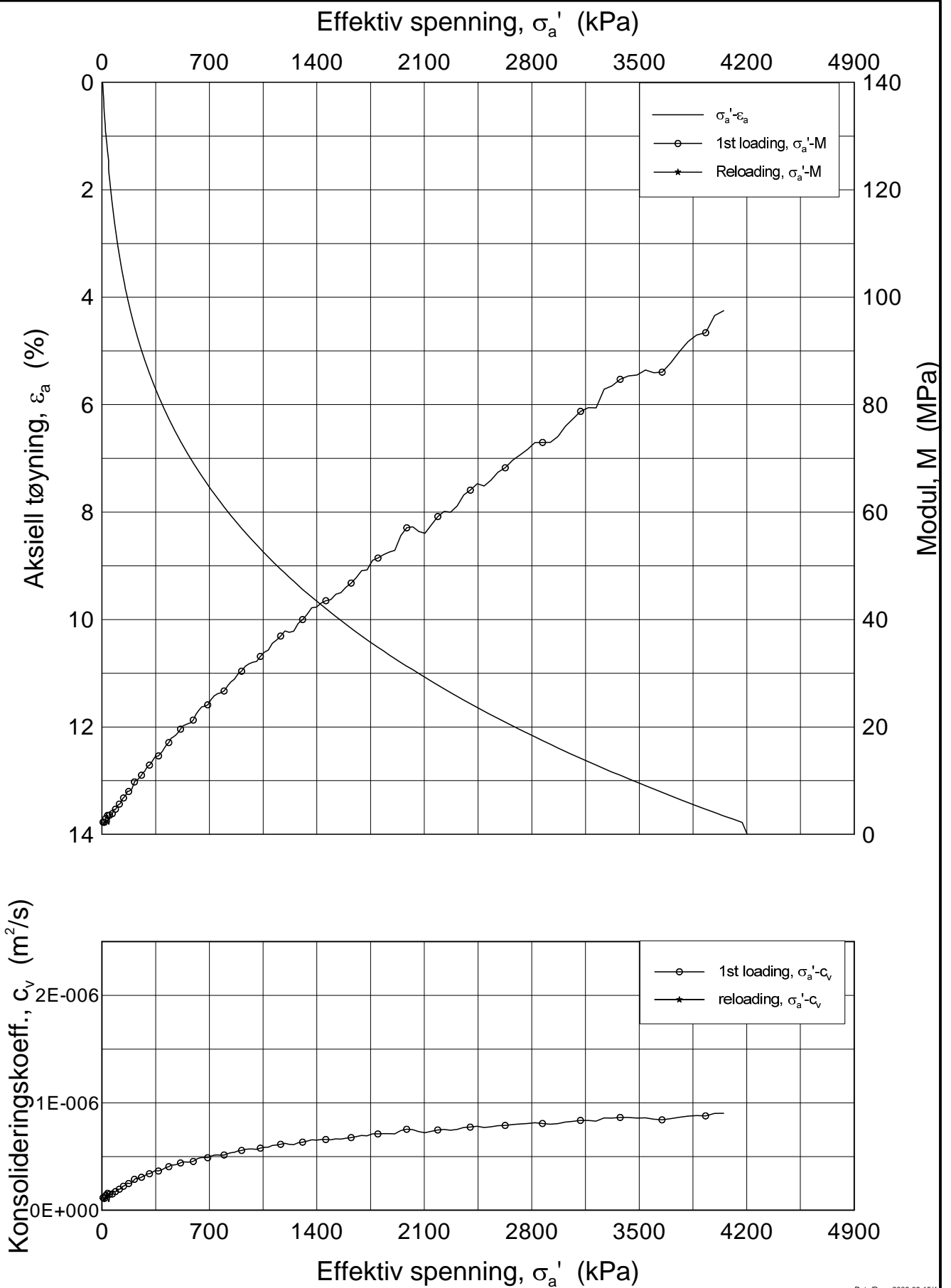
$w_i$  = 22.69 %

Tegner  
FP/



H:\LABDATA\2012\20120853\Oedom\7-4-B-1 log(crs2137).grf

H:\LABDATA\2012\20120853\Oedom\7-5-C-1 lin(crs2138).grf

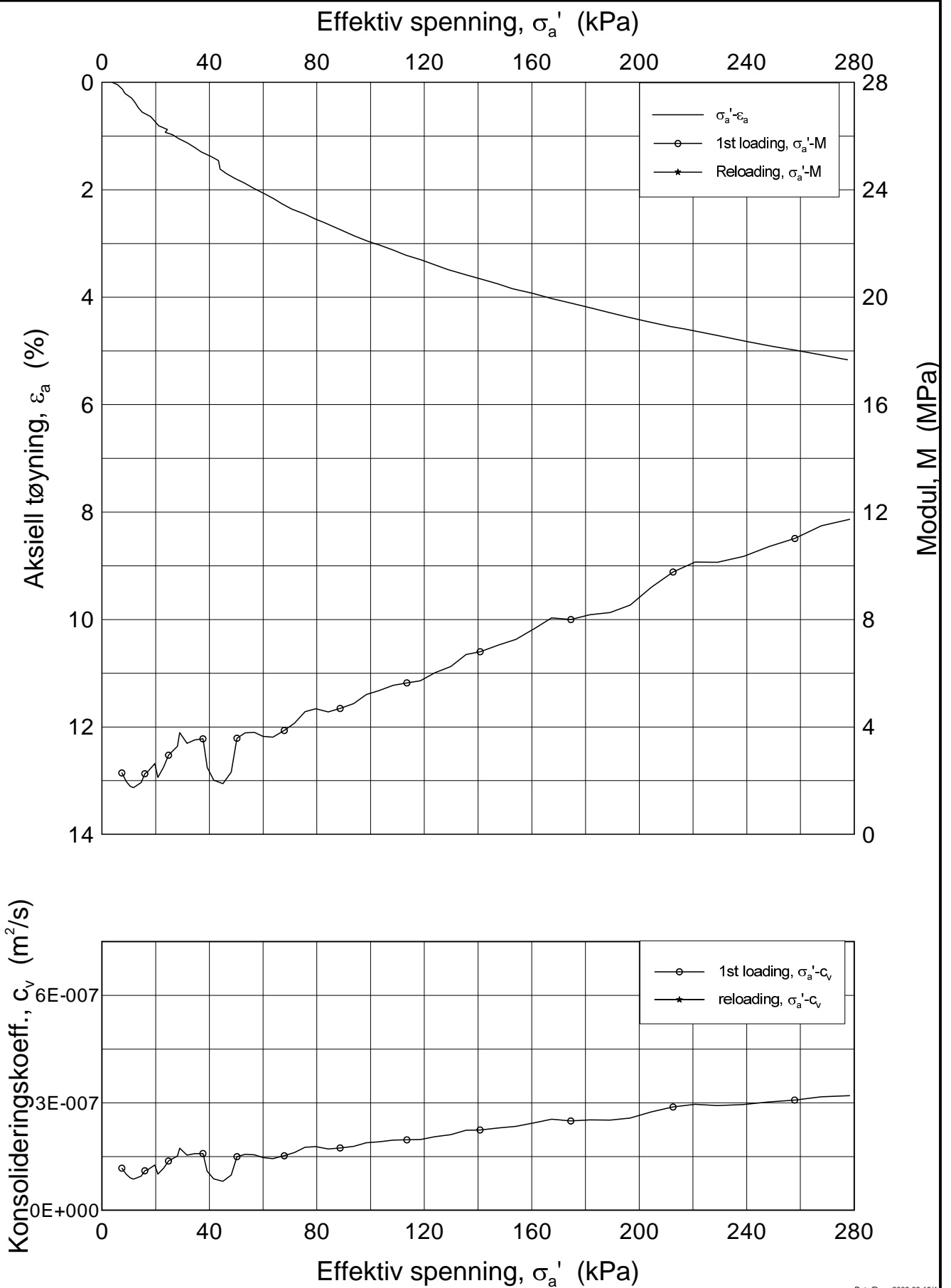


Dato/Rev.: 2009-09-15/4

<b>NIFS-N-6.7.2-Styrkekøkning av rekonsolidert kvikkleire</b>				Dokumentnr. 20120853
Oedometer test (CRSC)				Dato 2012-10-26
Borhull: 7	Sylinder: 5	Dybde = 11.62 m	$p_o' = 125.7$ kPa	Figurnr. XX.XX
Del: C	Test: 1	$w_i = 22.68$ %		Tegner FP/



H:\LABDATA\2012\20120853\Oedom\7-5-C-1 lin-2(crs2138).grf



Dato/Rev.: 2009-09-15/4

**NIFS-N-6.7.2-Styrkekøkning av rekonsolidert kvikkleire**

Dokumentnr.  
20120853

Oedometer test (CRSC)

Dybde = 11.62 m

Dato  
2012-10-26

Borhull: 7

Sylinder: 5

$p'_o$  = 125.7 kPa

Figurnr.  
XX.XX

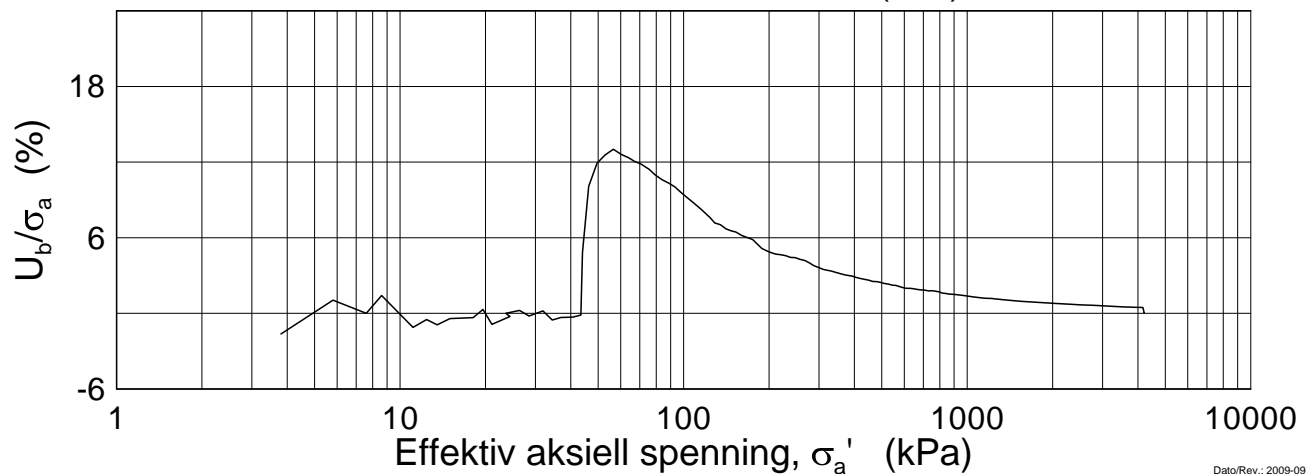
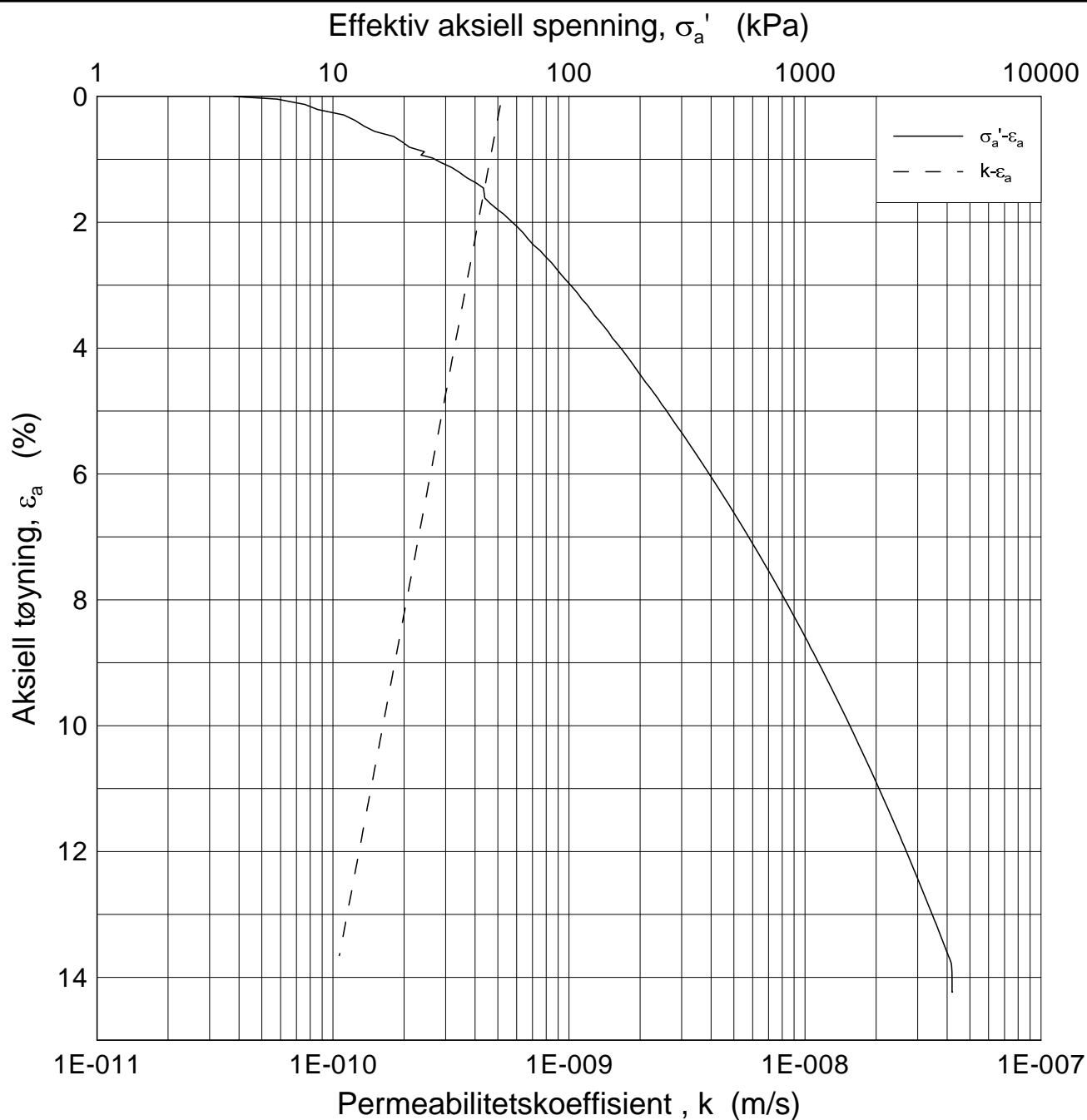
Del: C

Test: 1

$w_i$  = 22.68 %

Tegner  
FP/





Dato/Rev.: 2009-09-15/3

**NIFS-N-6.7.2-Styrkekøkning av rekonsolidert kvikkleire**

Dokumentnr.  
20120853

Ødometer test (CRSC)

Dybde = 11.62 m

Dato  
2012-10-26

Borhull: 7

Sylinder: 5

$p_o'$  = 125.7 kPa

Figurnr.  
XX.XX

Del: C

Test: 1

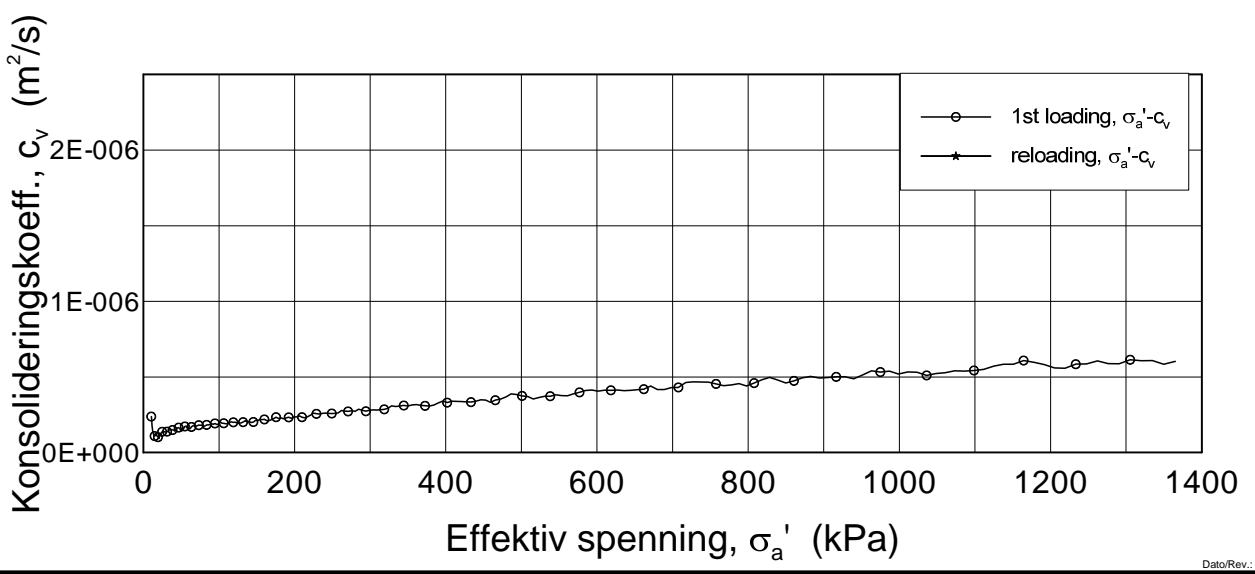
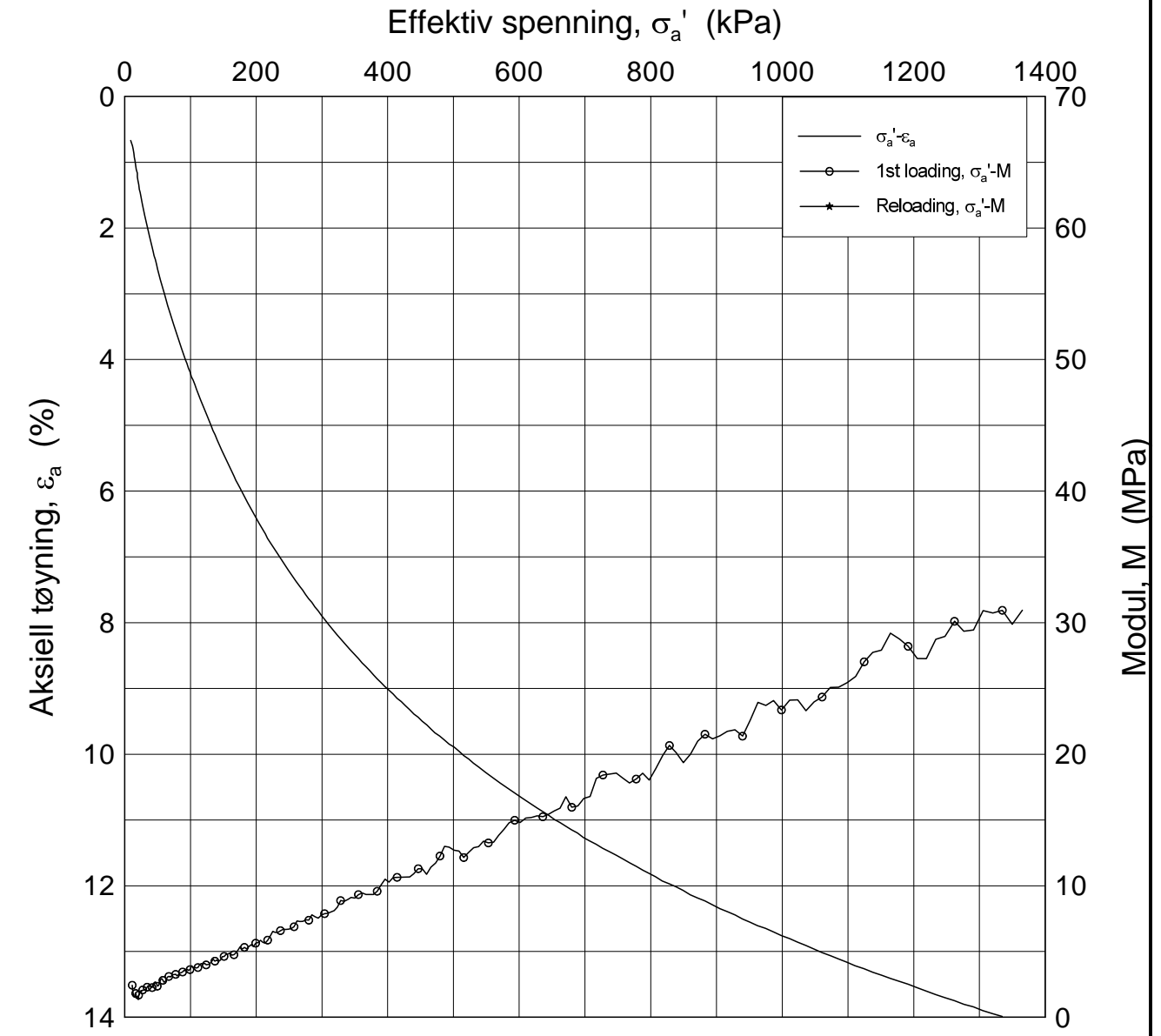
$w_i$  = 22.68 %

Tegner  
FP/



H:\LABDATA\2012\20120853\Oedom\7-5-C-1 log(crs2138).gif

H:\LABDATA\2012\20120853\Oedom\10A-4-E-1 lin(crs2139).grf

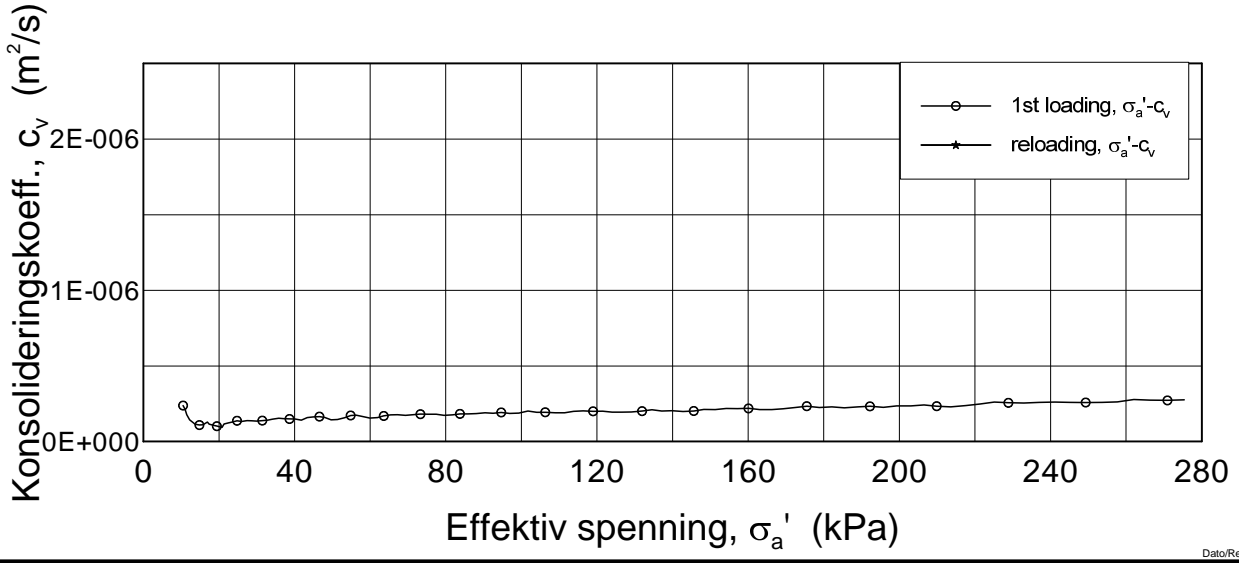
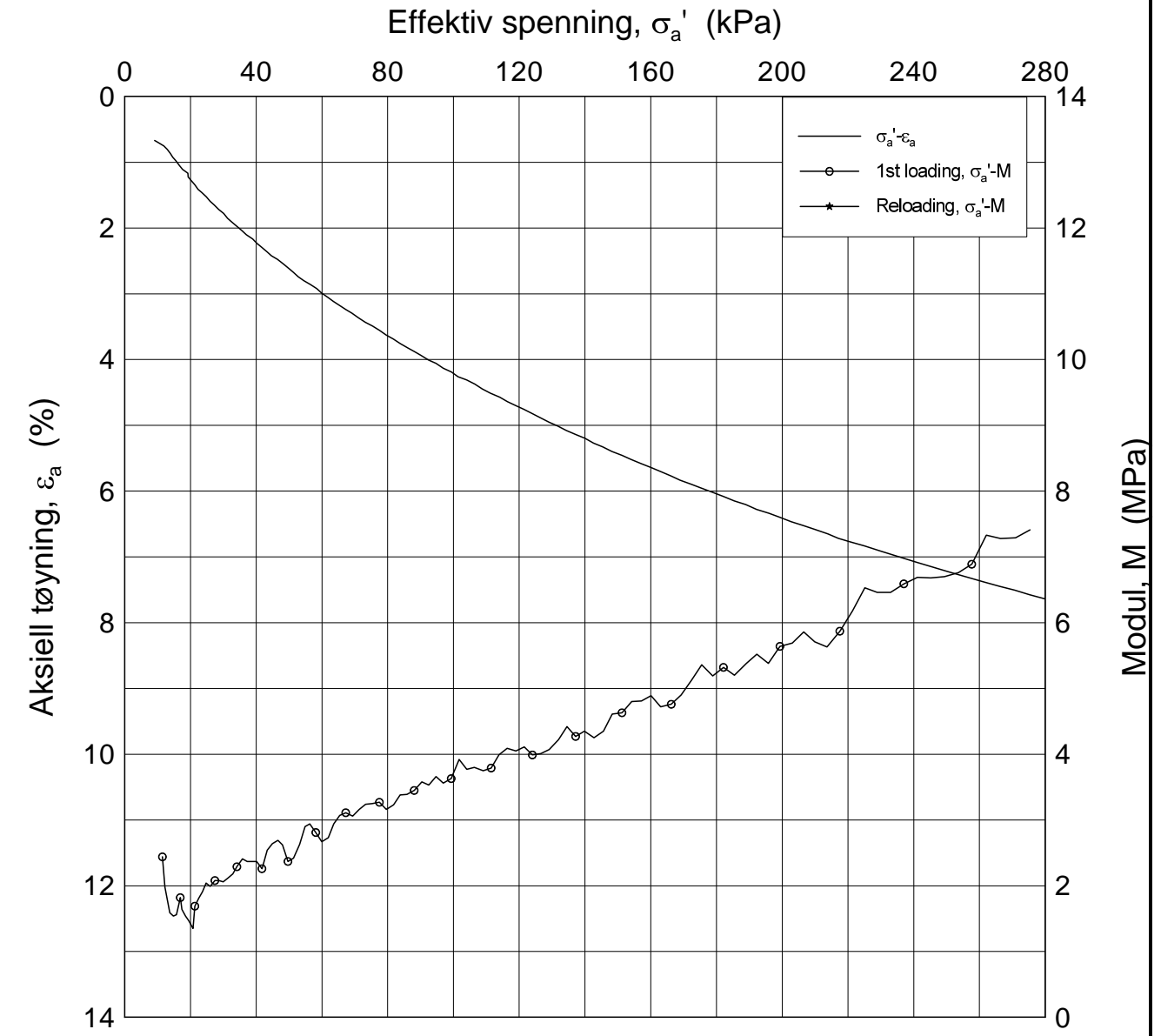


Dato/Rev.: 2009-09-15/4

<b>NIFS-N-6.7.2-Styrkekøkning av rekonsolidert kvikkleire</b>			Dokumentnr. 20120853
Oedometer test (CRSC)			Dato 2012-10-26
Borhull: 10A	Sylinder: 4	Dybde = 6.63 m	Figurnr. XX.XX
Del: E	Test: 1	$p'_o = 53.5$ kPa	Tegner FP/
		$w_i = 28.00$ %	

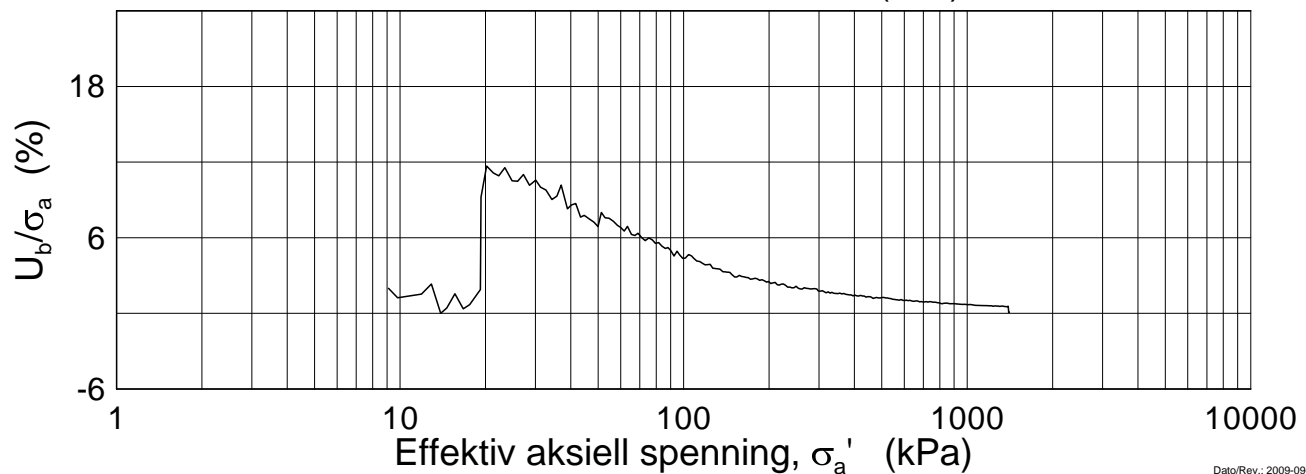
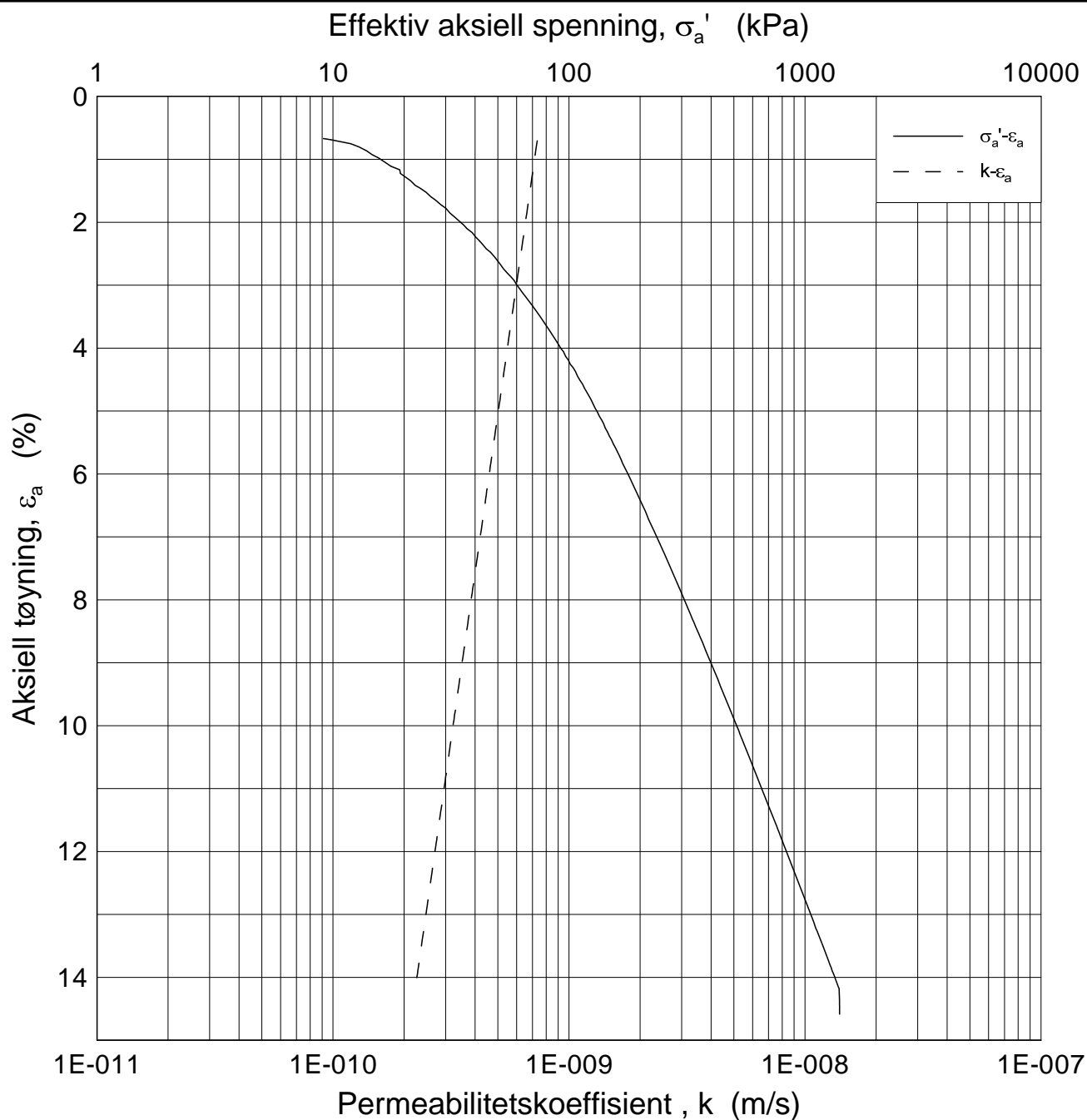


H:\LABDATA\2012\20120853\Oedom\10A-4-E-1 lin-2(crs2139).grf



Dato/Rev.: 2009-09-15/4

<b>NIFS-N-6.7.2-Styrkekøkning av rekonsolidert kvikkleire</b>				Dokumentnr. 20120853
Oedometer test (CRSC)				Dato 2012-10-26
Borhull: 10A	Sylinder: 4	Dybde = 6.63	m	Figurnr. XX.XX
Del: E	Test: 1	$p'_o$ = 53.5	kPa	Tegner FP/
		$w_i$ = 28.00	%	



Dato/Rev.: 2009-09-15/3

**NIFS-N-6.7.2-Styrkeøkning av rekonsolidert kvikkleire**

Dokumentnr.  
20120853

Ødometer test (CRSC)

Dybde = 6.63 m

Dato  
2012-10-26

Borhull: 10A

Sylinder: 4

$p_o'$  = 53.5 kPa

Figurnr.  
XX.XX

Del: E

Test: 1

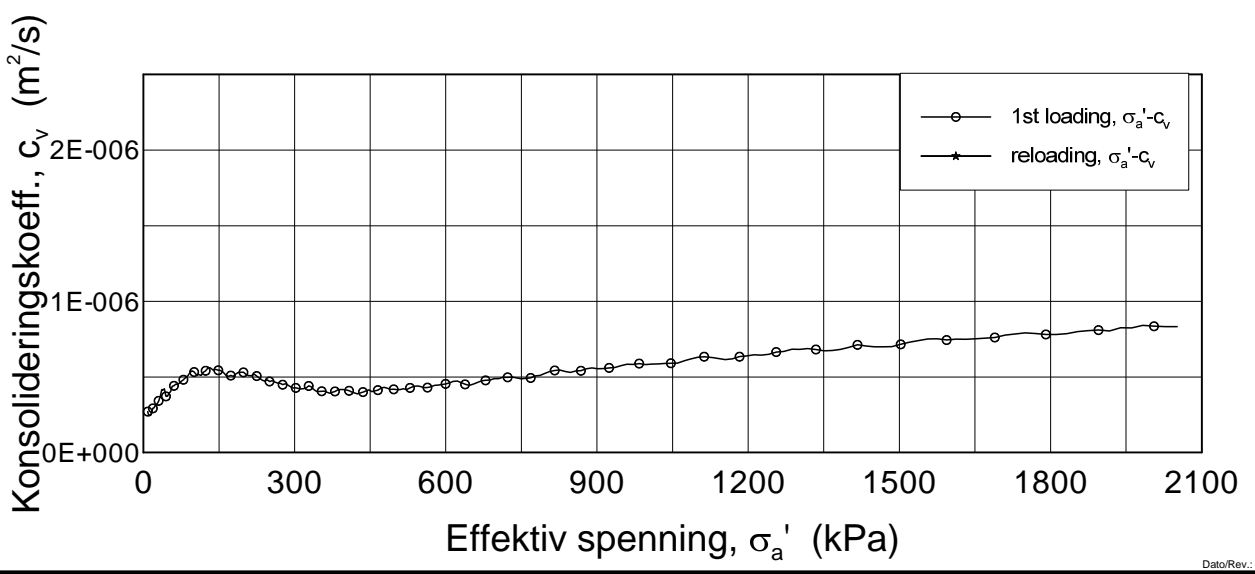
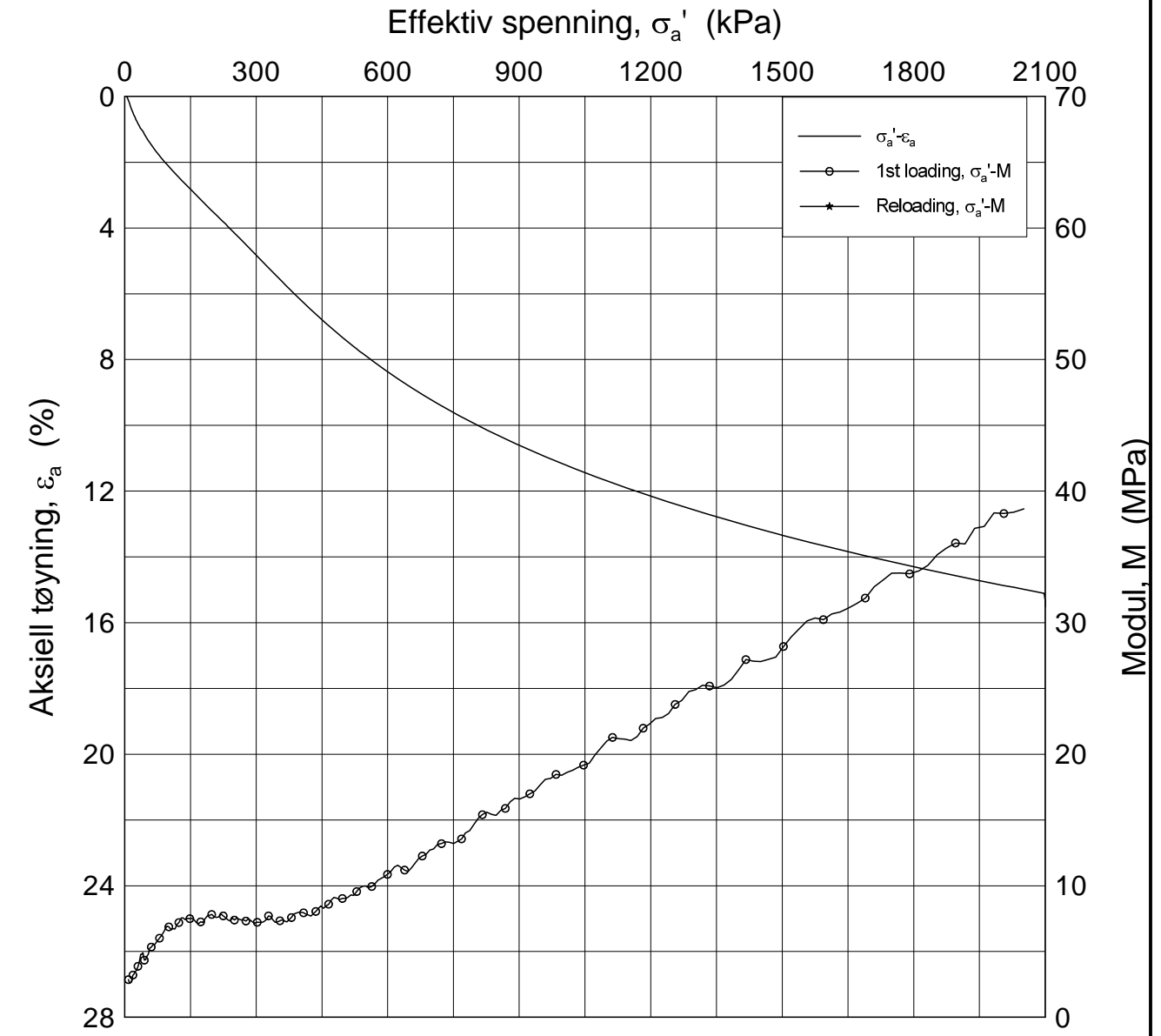
$w_i$  = 28.00 %

Tegner  
FP/




H:\LABDATA\2012\20120853\Oedom\10A-4-E-1 log(crs2139).grf

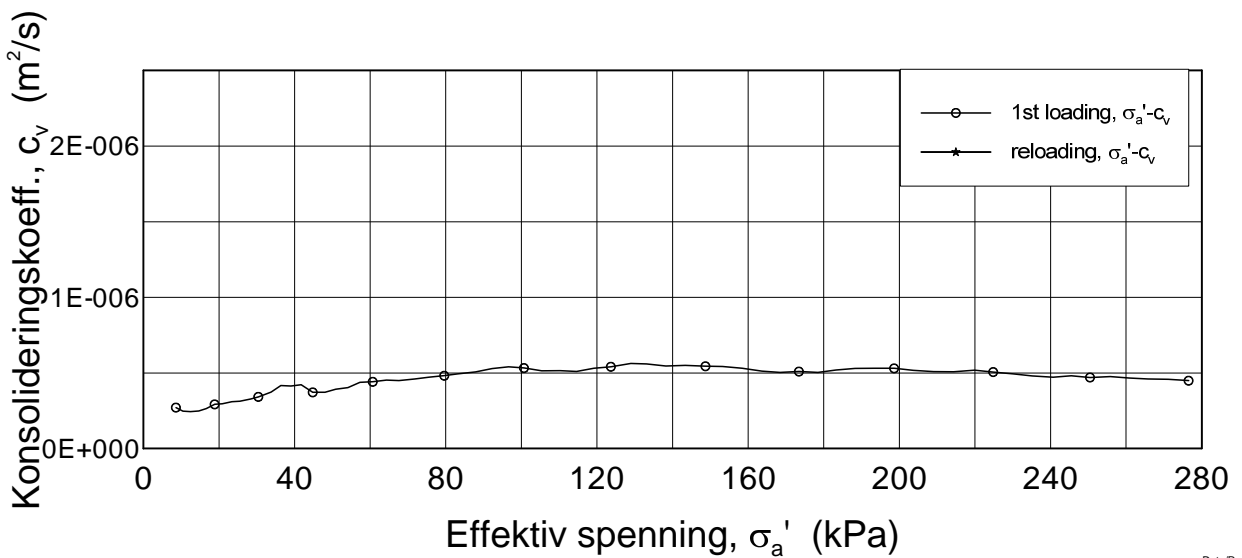
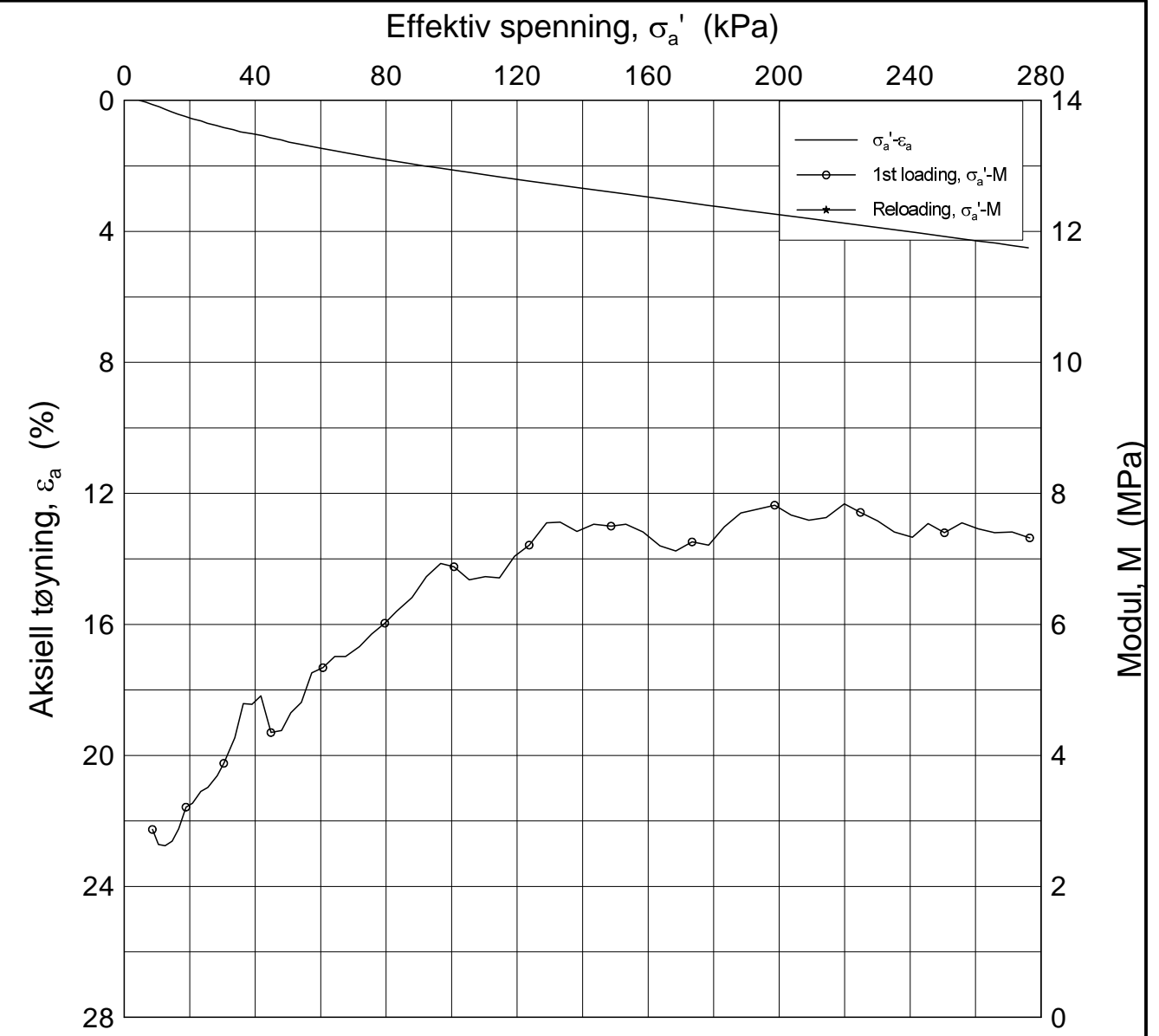
H:\LABDATA\2012\20120853\Oedom\10A-6-F-1 lin(crs2140).gif




Dato/Rev.: 2009-09-15/4

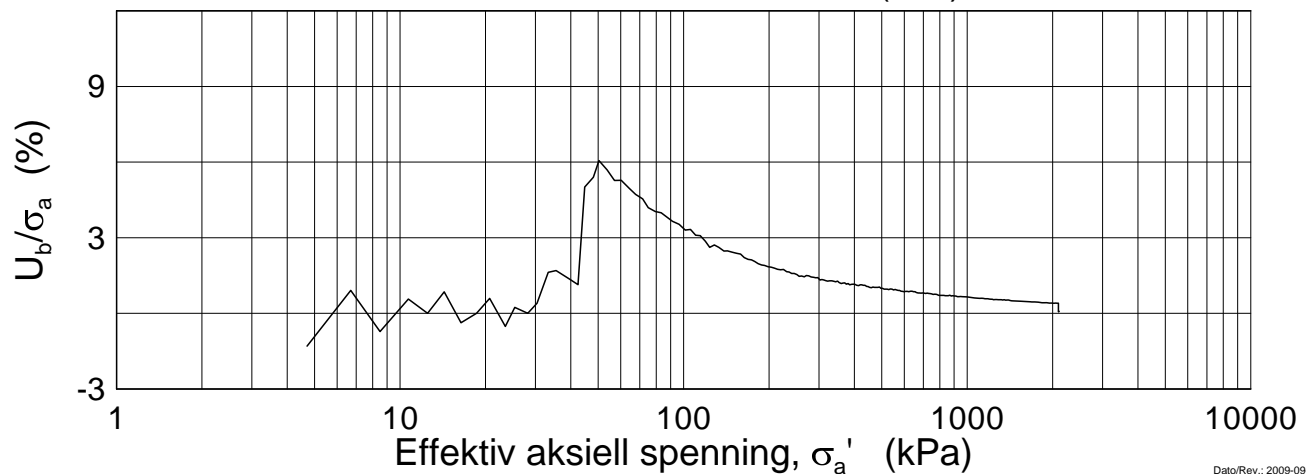
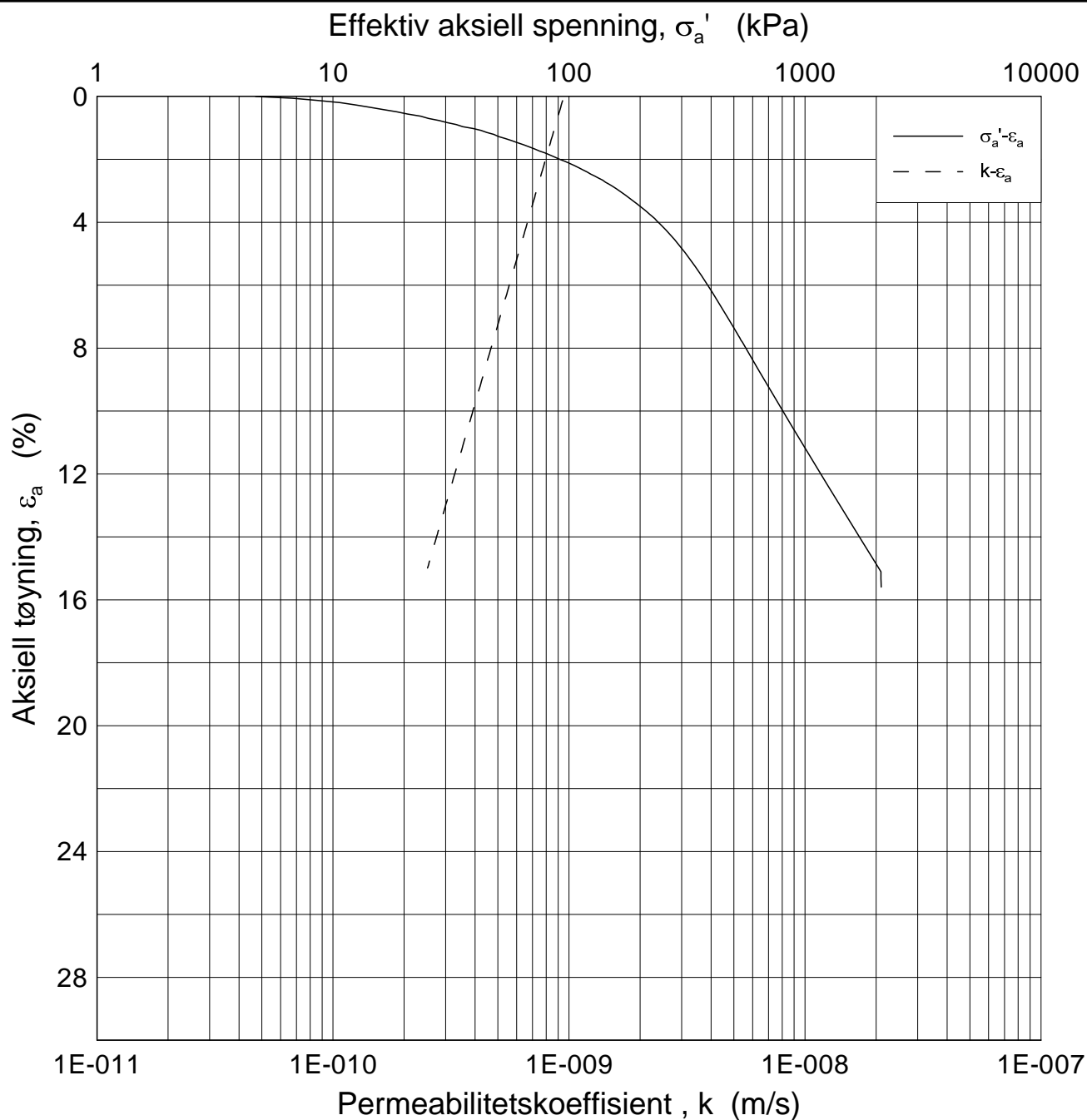
<b>NIFS-N-6.7.2-Styrkekøkning av rekonsolidert kvikkleire</b>				Dokumentnr. 20120853
Oedometer test (CRSC)				Dato 2012-10-26
Borhull: 10A	Sylinder: 6	Dybde = 8.77	m	Figurnr. XX.XX Tegner FP/ 
Del: F	Test: 1	$p'_o = 71.5$	kPa	
		$w_i = 27.00$	%	

H:\LABDATA\2012\20120853\Oedom\10A-6-F-1 lin-2(crs2140).grf



Dato/Rev.: 2009-09-15/4

<b>NIFS-N-6.7.2-Styrkekøkning av rekonsolidert kvikkleire</b>				Dokumentnr. 20120853
Oedometer test (CRSC)				Dato 2012-10-26
Borhull: 10A	Sylinder: 6	Dybde = 8.77	m	Figurnr. XX.XX
Del: F	Test: 1	$p'_o$ = 71.5	kPa	Tegner FP/
		$w_i$ = 27.00	%	



Dato/Rev.: 2009-09-15/3

**NIFS-N-6.7.2-Styrkeøkning av rekonsolidert kvikkleire**

Dokumentnr.  
20120853

Ødometer test (CRSC)

Dybde = 8.77 m

Dato  
2012-10-26

Borhull: 10A

Sylinder: 6

$p'_o$  = 71.5 kPa

Figurnr.  
XX.XX

Del: F

Test: 1

$w_i$  = 27.00 %

Tegner  
FP/



H:\LABDATA\2012\20120853\Oedom\10A-6-F-1\_log(crs2140).grf



Dokumentnr.: 20120853-01-TN  
Dato: 2012-11-28  
Rev. nr.: 1, datert 2013-01-04  
Side: 33

## **Vedlegg 6: Mikroskopanalyse (SEM)**

I uke 50 har vi analysert 6 leirprøver fra borhull nr. 7 og nr. 10 med hjelp av sveipelektronmikroskopi (SEM) (Scanning Electron Microscopy). Instrumentet kan brukes for å studere mikrostruktur av leiravsetninger og for å si noe mineralsammensetning. Sistnevnt gjøres ved å studere energidispersivt spektrometer fra røntgen stråling. Herunder beskriver vi prosedyren til SEM analysen og presenterer en oppsummering av resultatene.

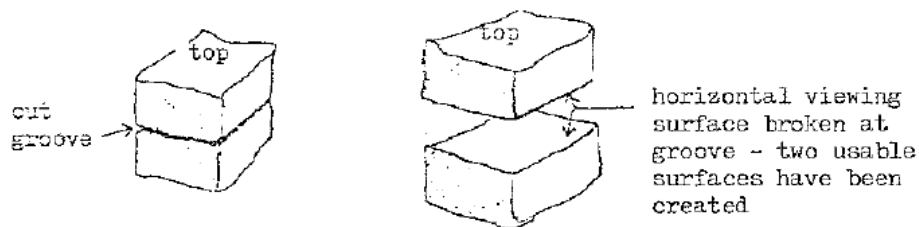
## Prosedyre til SEM analyse

### Material og utstyr

1. Prøve
2. Frysning middel (nitrogen væske)
3. Frysetørrer
4. Scanning electron mikroskop (SEM)
5. Lim (lav damp trykk lim; f. eks. araldite)
6. Ledende maling (kolloidalt sølv, kobber eller aluminium)
7. Belegg for prøvene (gull eller karbon)

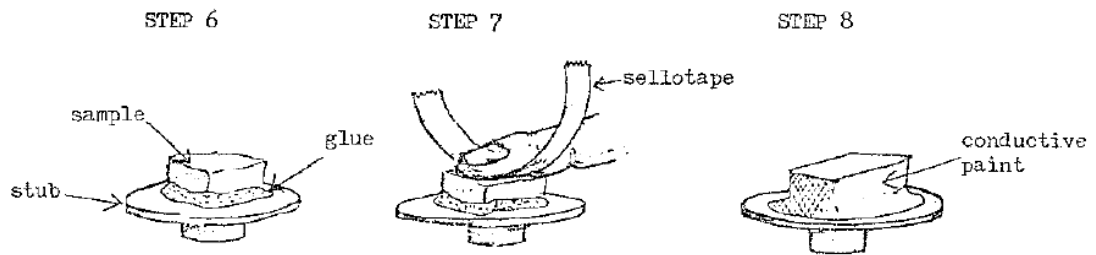
### Prosedyre

1. Prøvene ble skjært i 2-3 cm store kubber og toppen ble markert (Se figur 3A).
2. Prøvene ble deretter dyppet inn i nitrogen væske (Se figur 3A).
3. Tørking i frysetørrer som initialt hadde en temperatur på -50 grader og vakuum.
4. Tørking overnatt.
5. Prøvene er tatt ut av frysetørreren og det ble valgt hvilken overflate en skulle se på (vertikal eller horisontal). Det ble laget et lite snitt på prøvene for så å dele dem i to (se Figur 1).

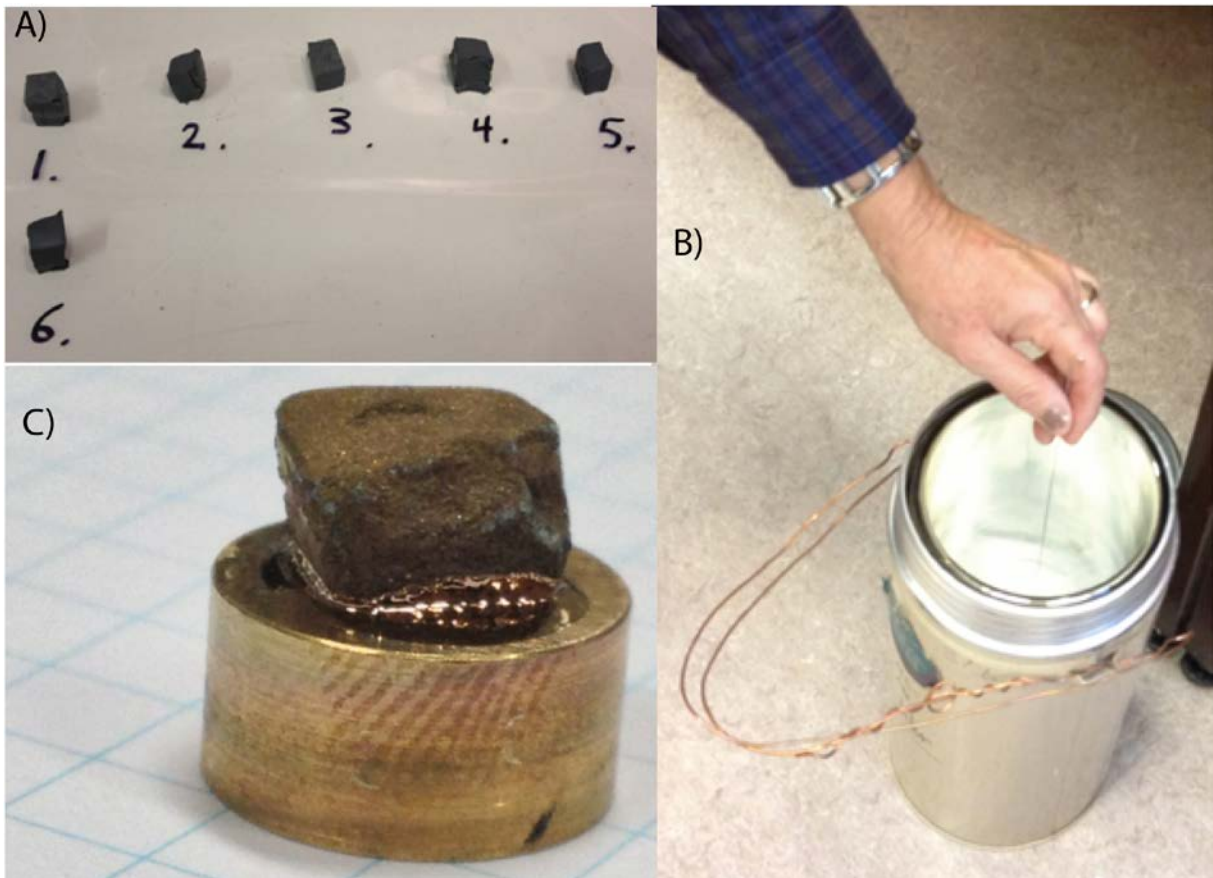


**Figur 1: Deling av prøver.**

6. Prøvene ble montert på stubber og limt fast (Se figur 1). Prøvene fikk hvile i minst 3-4 timer for å sikre at limet holdt fast.
7. Prøvens overflate ble rensket med hjelp av vanlig "tape" for å fjerne løse partikler og for å jevne ut overflaten. Dette ble gjort 50-100 ganger. (Se figur 2)
8. Ledende maling ble brukt over limet og på kantene til prøven.
9. Prøven overflate ble gjort ledende med å bruke et gull "coating". 2-4 minutter "coatings" tid produserer et ledende lag som er noen få ångstrøm tykk. (Figur 3C).
10. Prøven analyseres i SEM.



Figur 2: Liming, rensking og maling av prøvene.



Figur 3: A) Eksempler av 2-3 cm store prøver tatt fra kjernene. B) Nitrogenfrysing. C) Bruk av gull "coating på prøvene som er lim fast på stubber.



## Prøvenummer og resultater

Totalt 6 prøver ble analysert i SEM på Universitetet i Oslo i uke 50. Prøvene nummerert 1-4 i Tabell 1 er tatt fra borhull 10 utenfor skredområdet. Prøvene 5 og 6 kommer fra borhull nr. 7 som ligger innenfor skredområdet.

Hver av prøvene i Tabell 1 ble delt i to før SEM analysene. Den ene delen av prøvene ble undersøkt under lavt vakuum og det energidisperse spektrometeret ble brukt for å analysere grunnstoffer i prøvene. Resultatene er vist i Vedlegg A for prøvene 1 til 5.

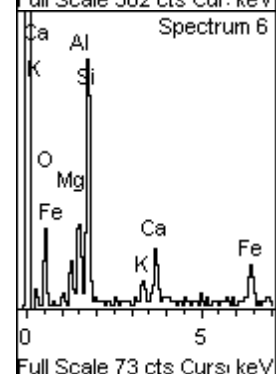
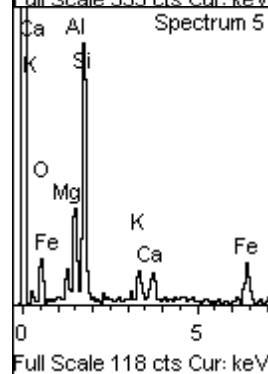
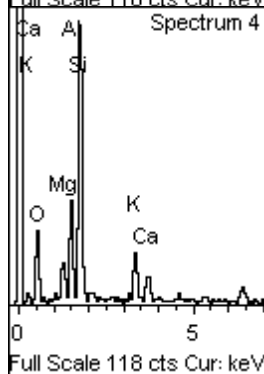
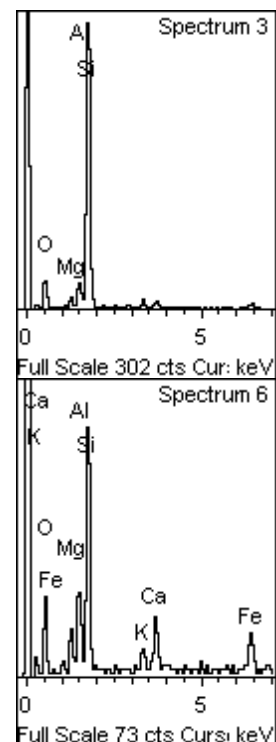
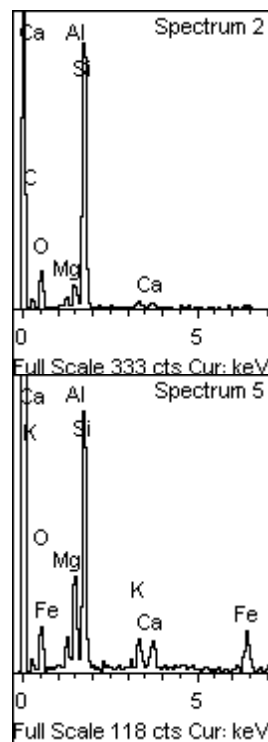
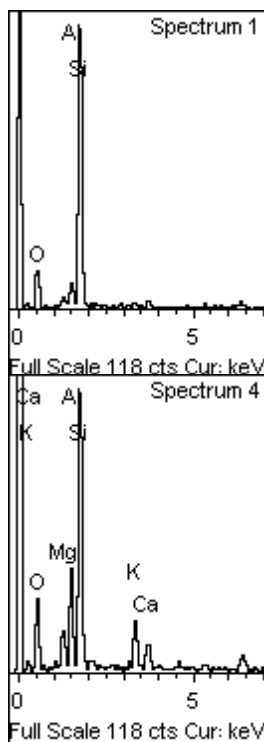
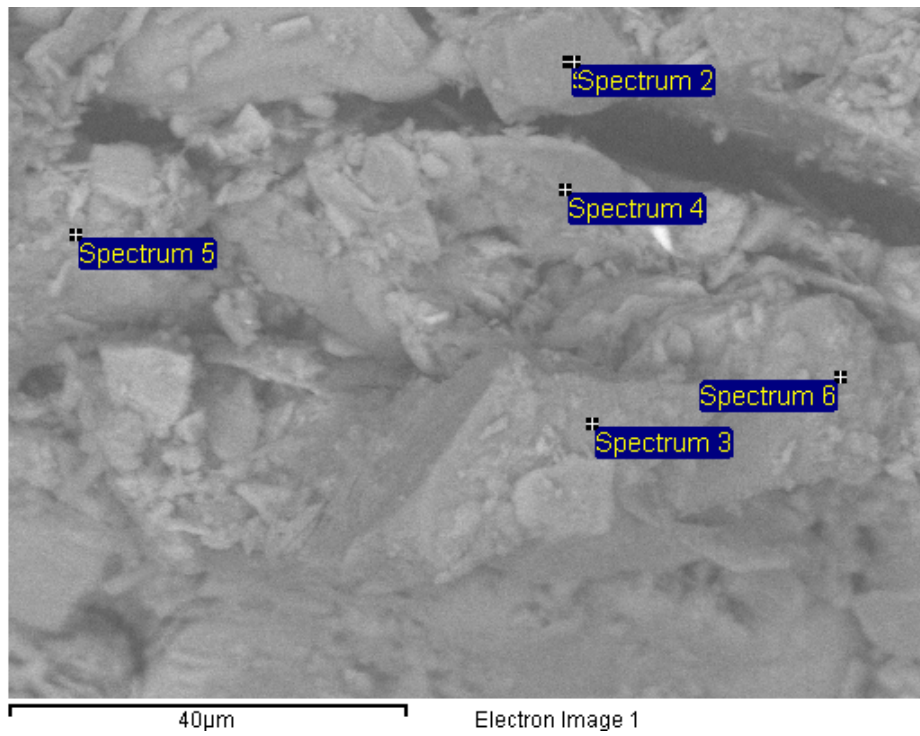
Den andre delen av prøvene ble dekket av et tynt gull coating og disse ble analysert i SEM under vakkum. Dette gir bedre og høyere oppløsning og dermed bedre bilder for mikrostruktur analyse. Totalt ble 91 bilder tatt ved forskjellige forstørrelse (dvs. ca. 100 til 8000 ganger). En oversikt over resultatene er presentert i Vedlegg B.

**Tabell 1: SEM prøve nummer**

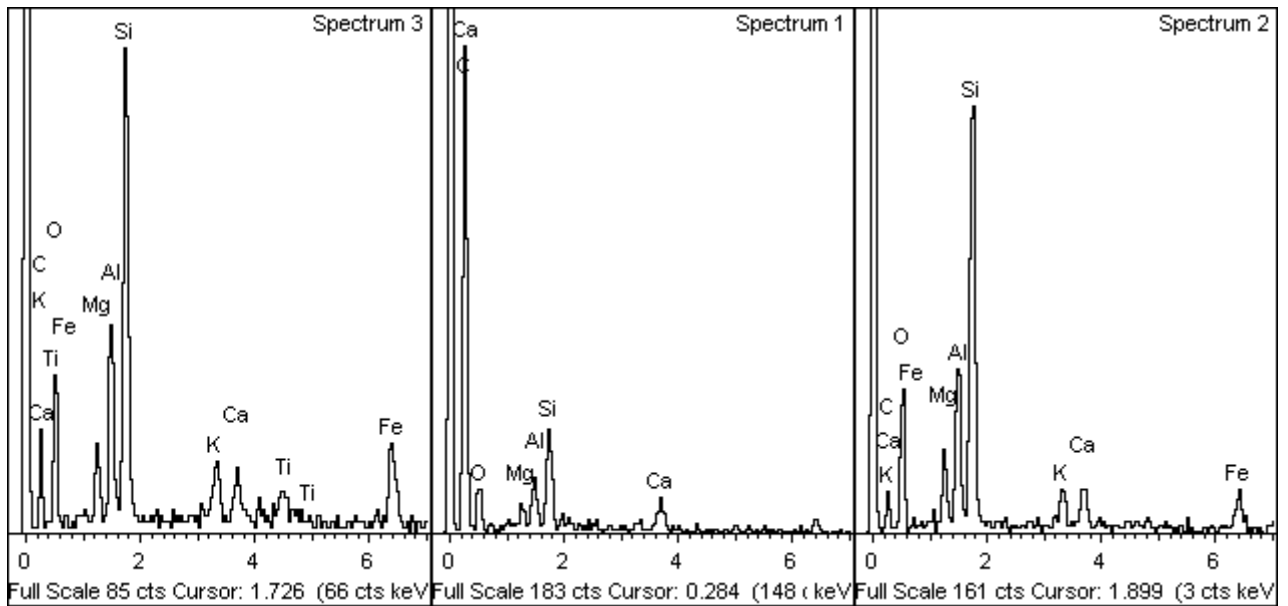
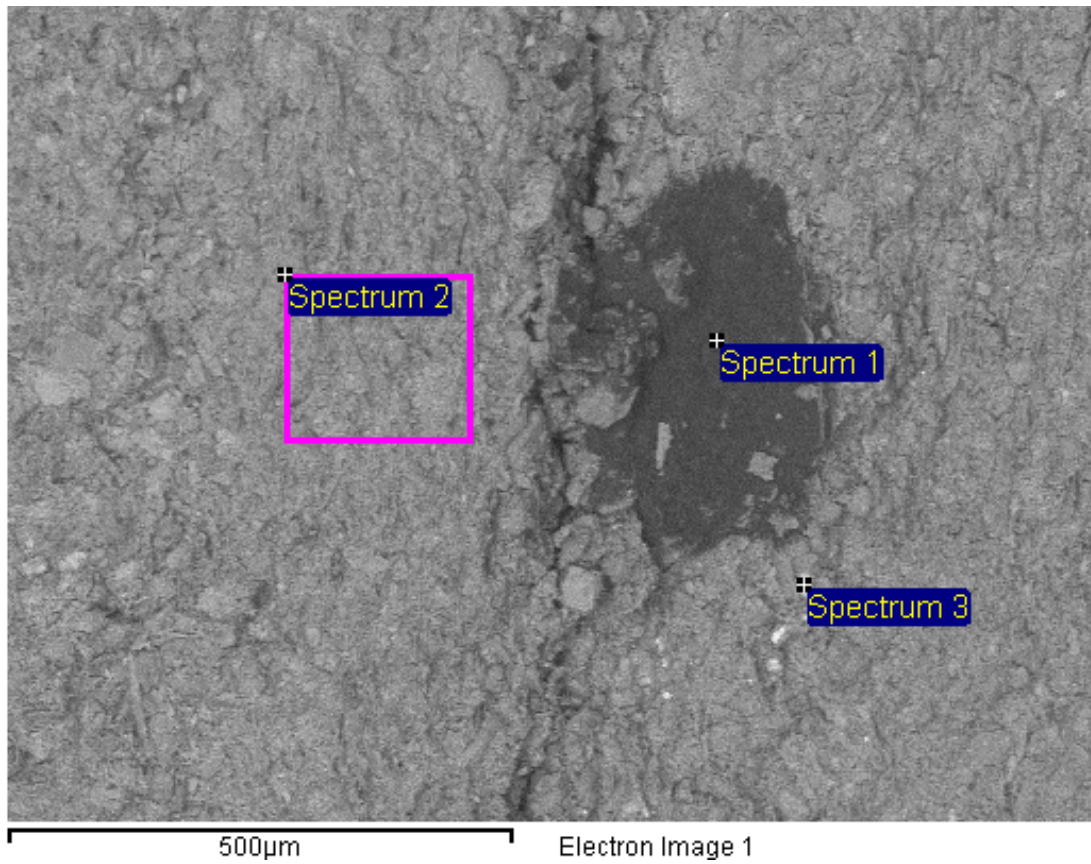
SEM Prøve nr	Borhull	Tube	Dybde (m)
1	10A	4	6,57
2	10A	4	6,82
3	10A	6	8,38
4	10A	6	8,85
5	7	2B	7,47
6	7	4A	9,37

# Vedlegg A

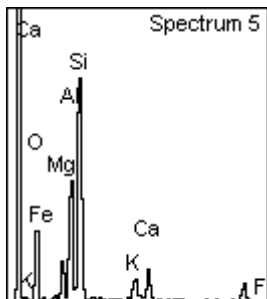
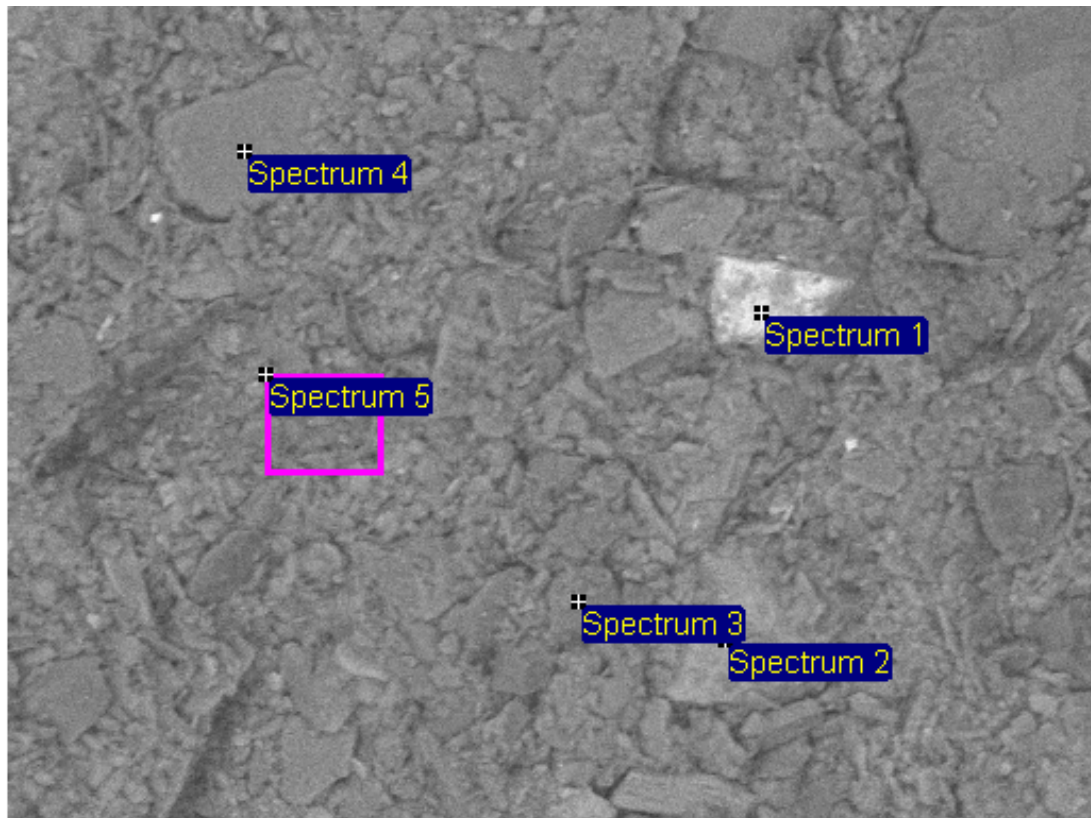
Mineralspektrum analyse av prøve nr. 1



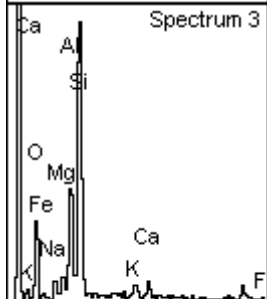
Mineralspektrum analyse av prøve nr. 2



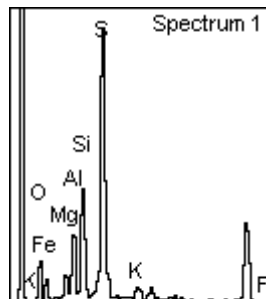
Mineralspektrum analyse av prøve nr. 3



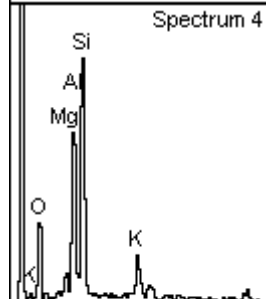
Full Scale 183 cts Cur: keV



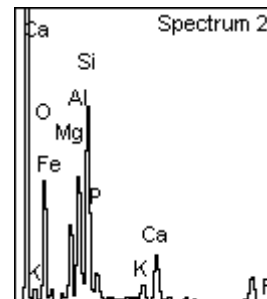
Full Scale 183 cts Cur: keV



Full Scale 183 cts Cur: keV

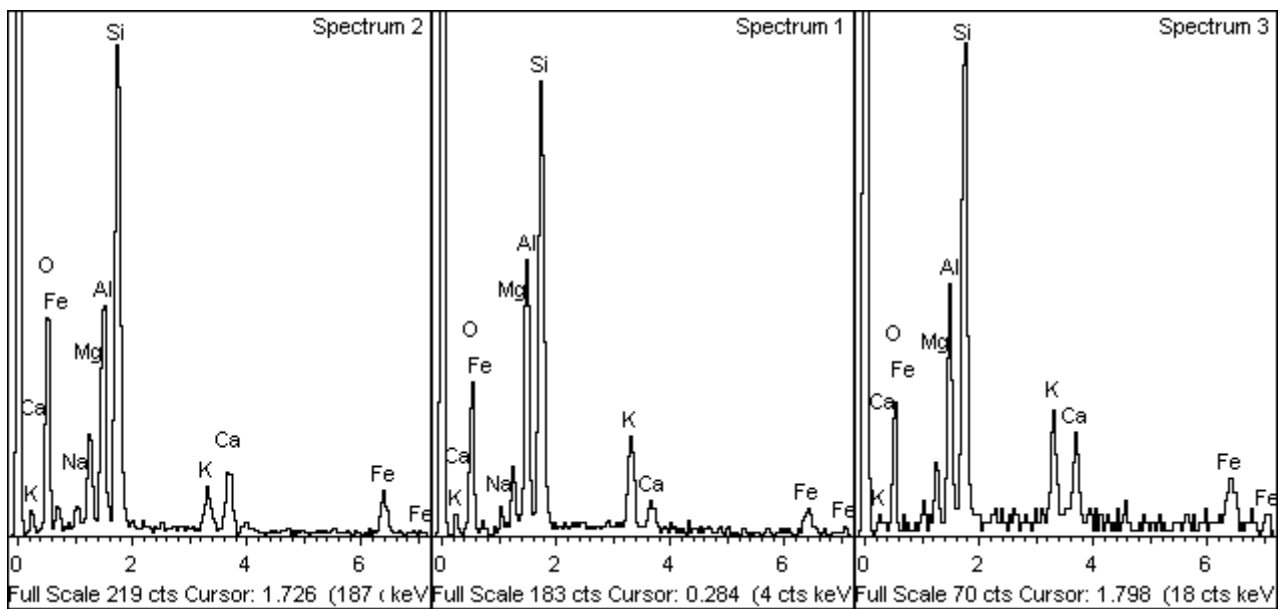
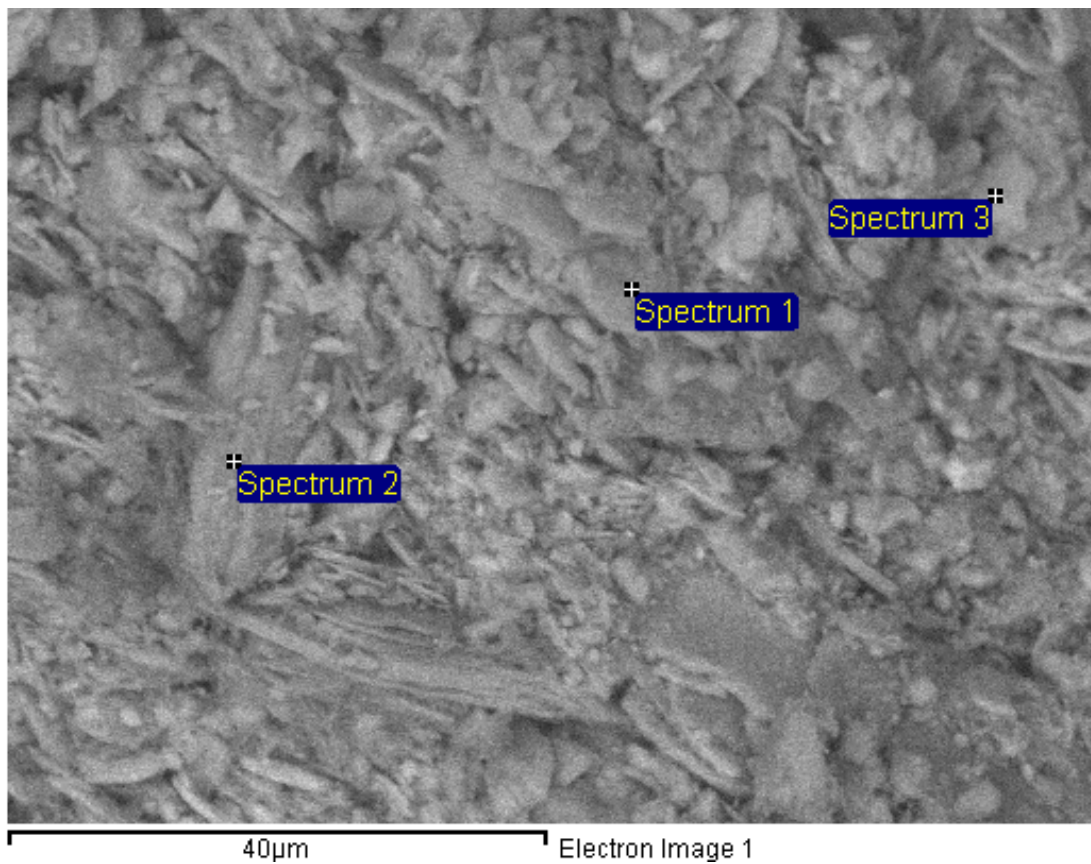


Full Scale 183 cts Cur: keV



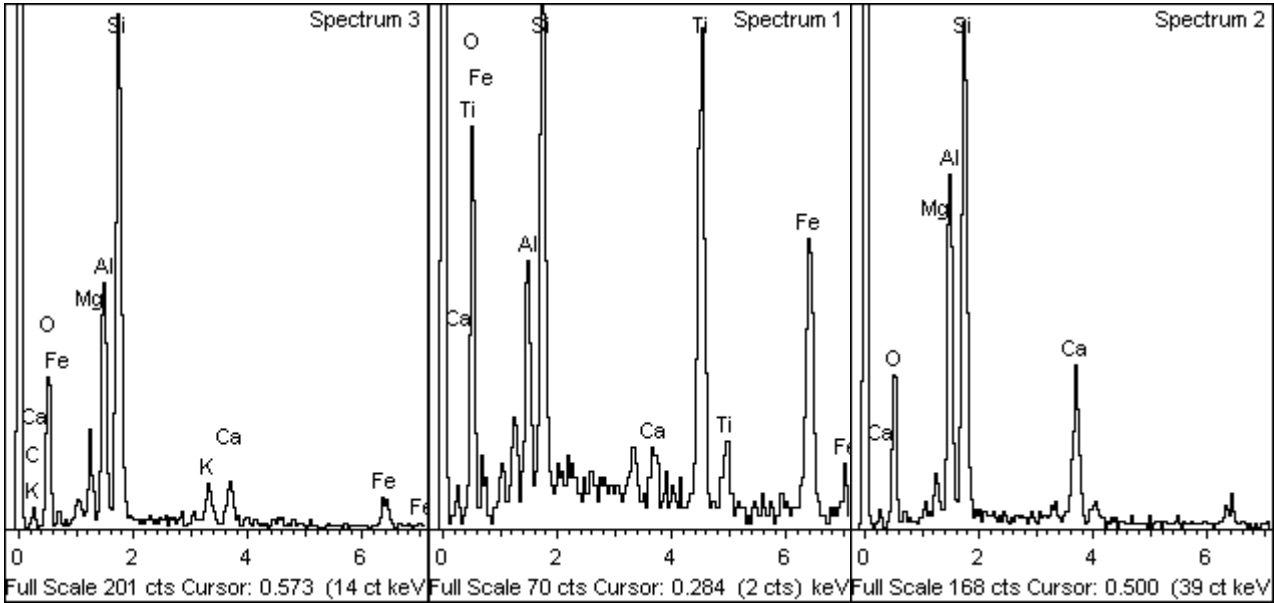
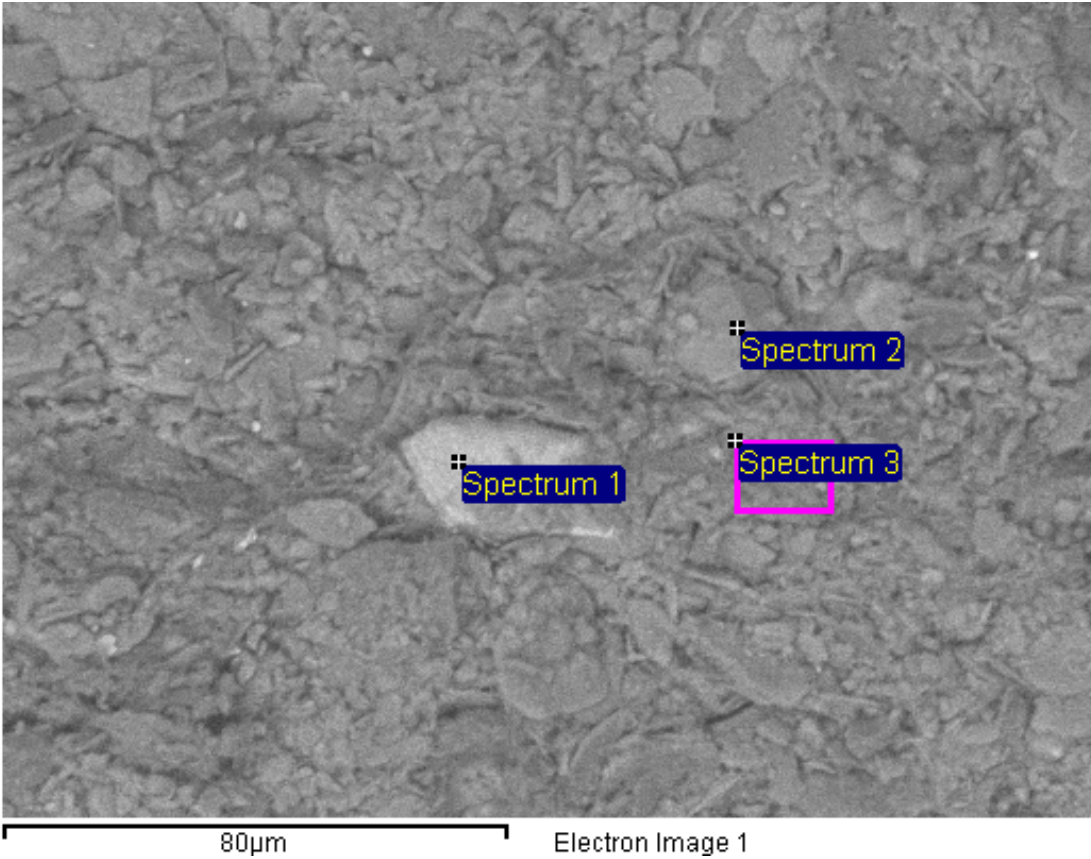
Full Scale 183 cts Cur: keV

Mineralspektrum analyse av prøve nr. 4

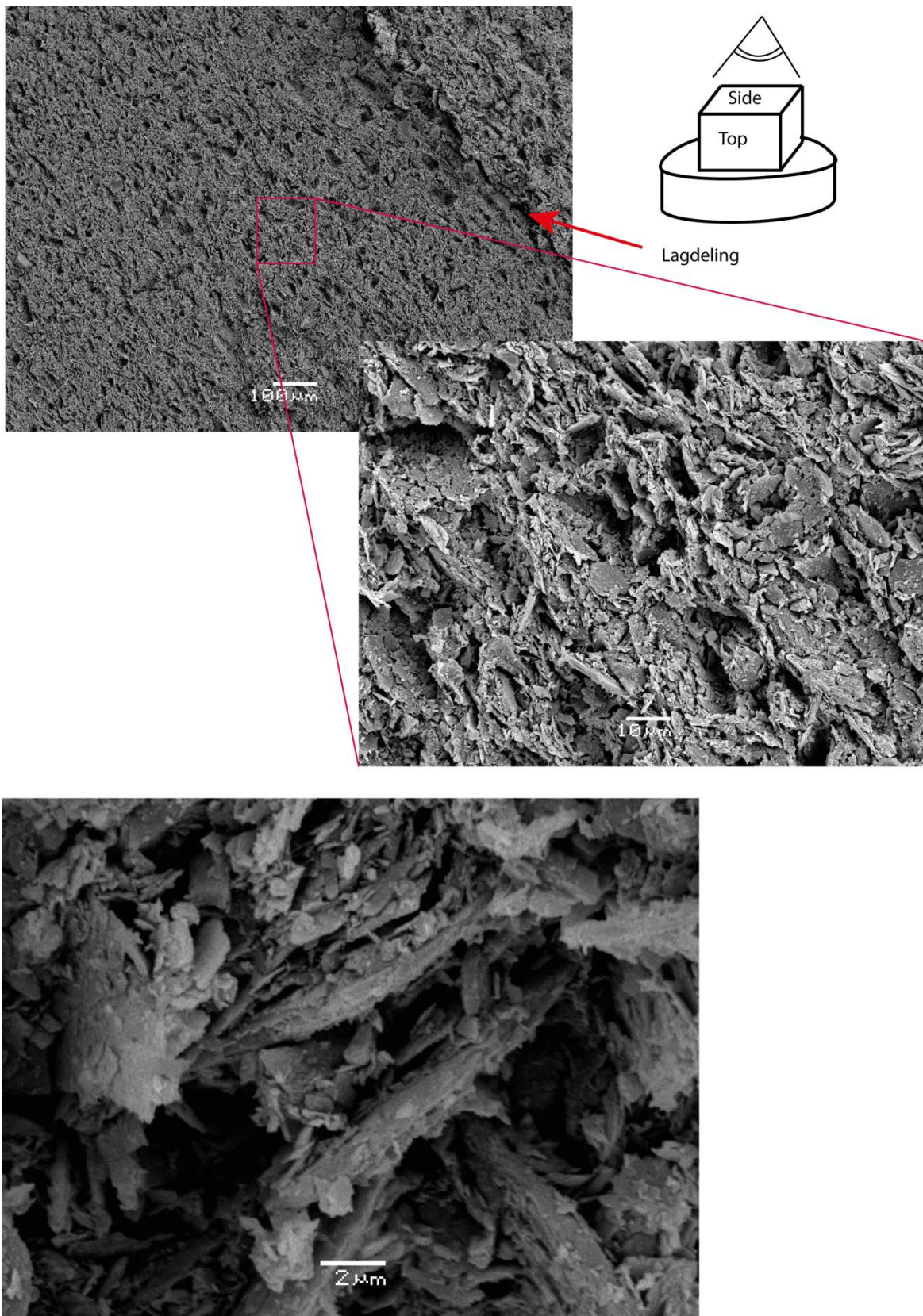




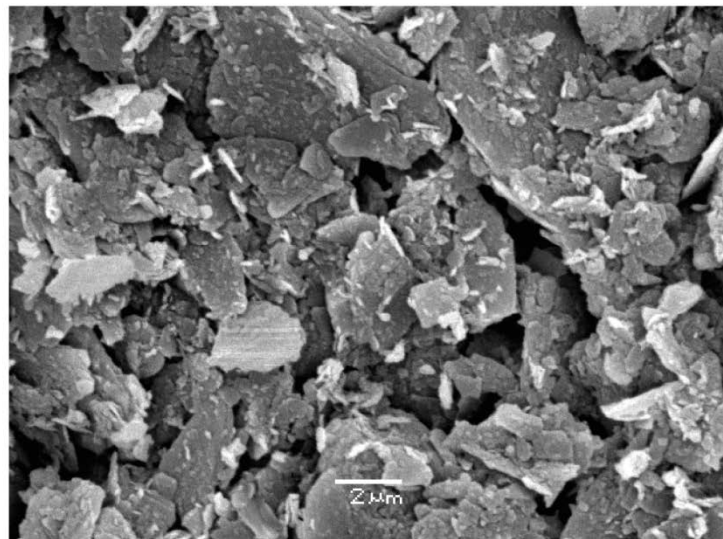
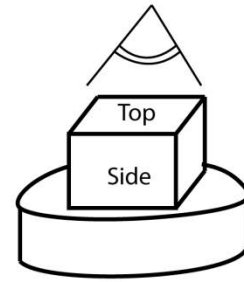
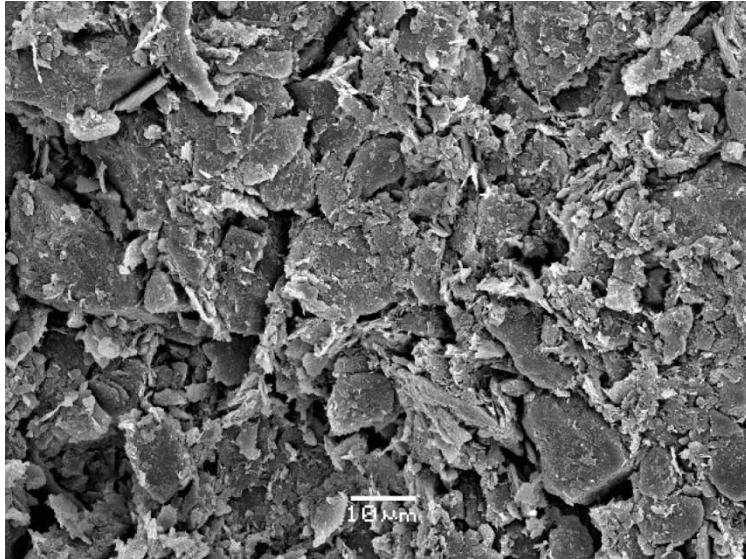
Mineralspektrum analyse av prøve nr. 5



## Vedlegg B

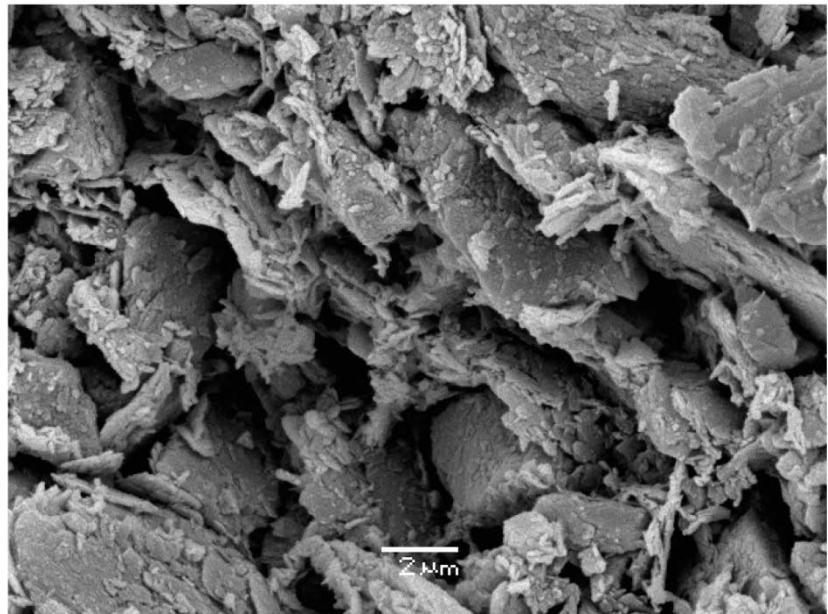
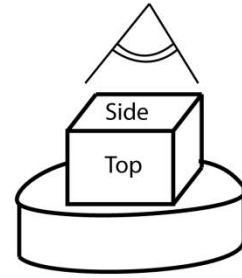
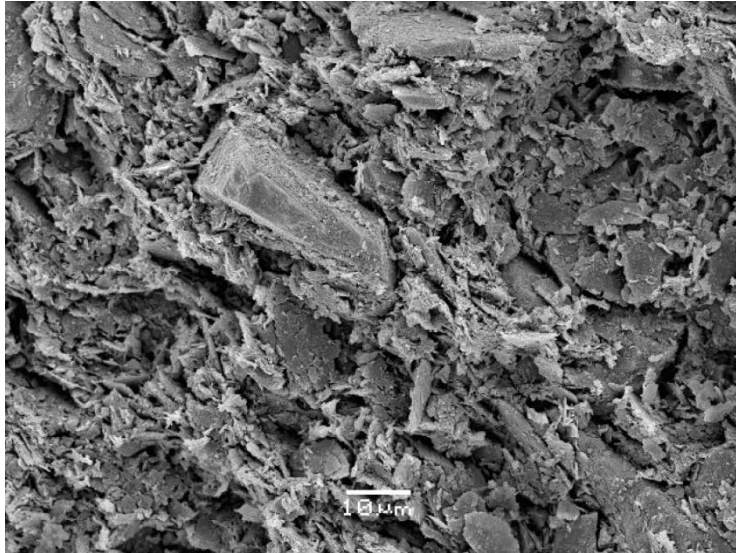


Figur 4: SEM prøve nr 1 gjennom vertikal akse ved 130, 1100 og 6000 ganger forstørrelse.

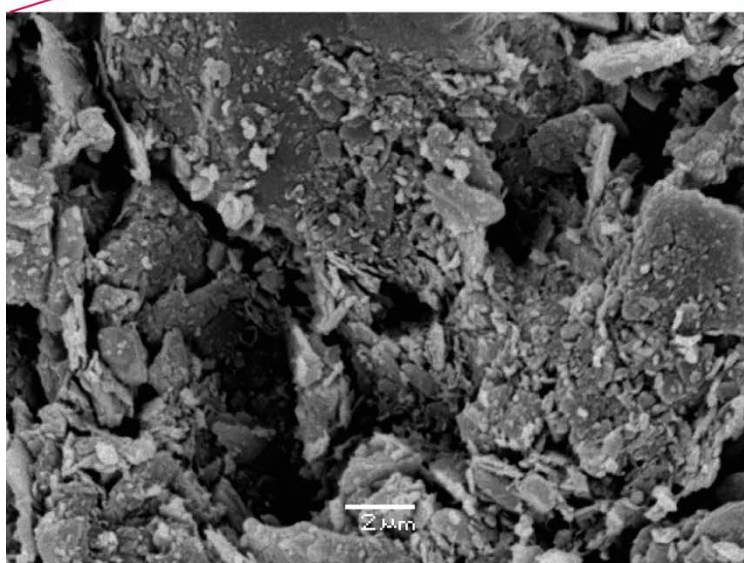
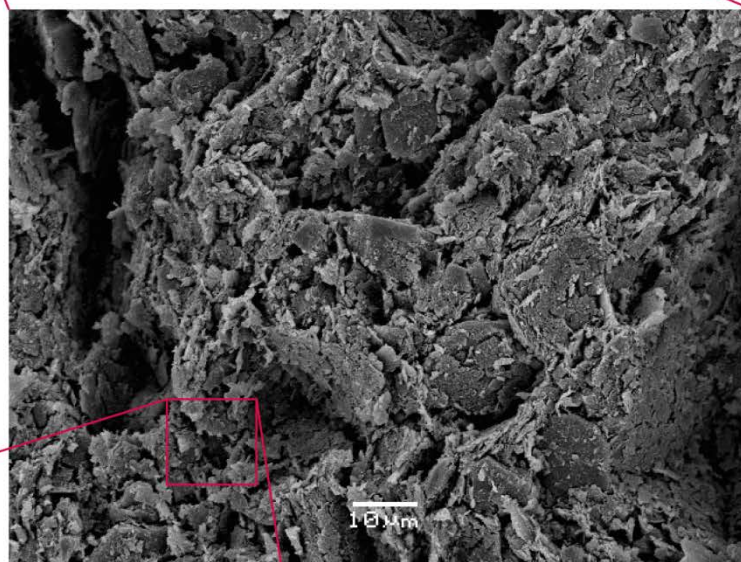
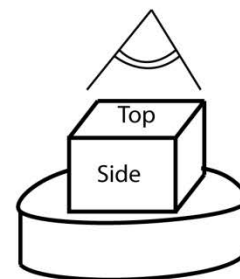
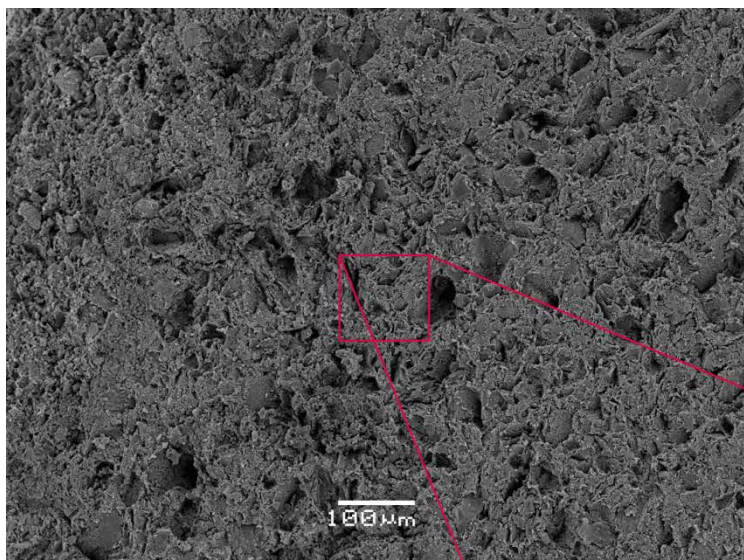


Figur 5: SEM prøve nr 2 gjennom horizontal akse ved 1300 og 6000 ganger forstørrelse.

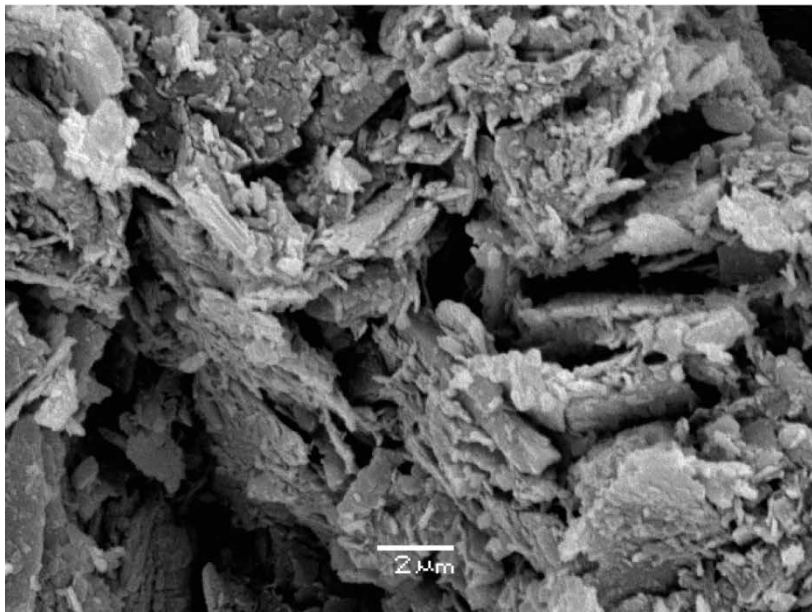
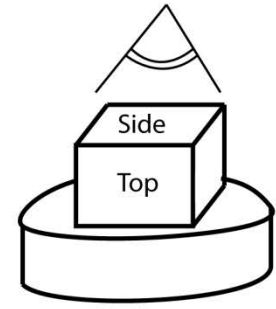
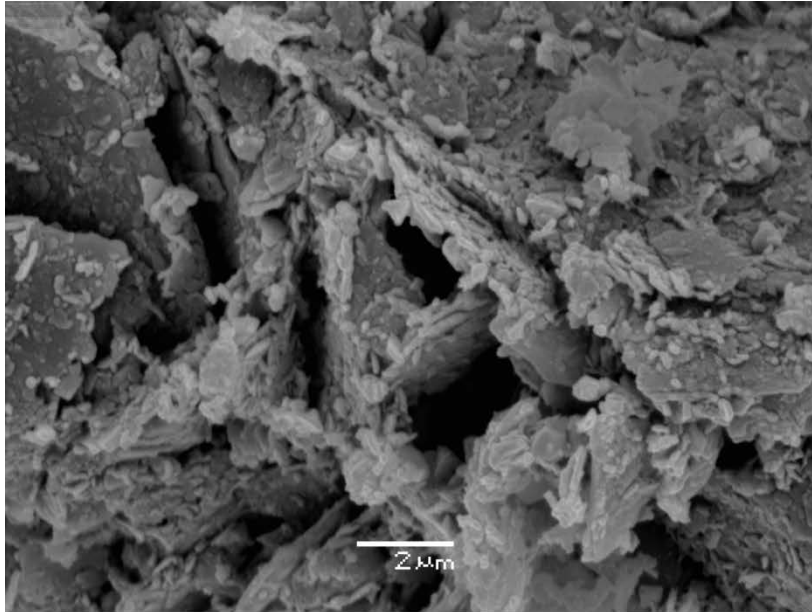




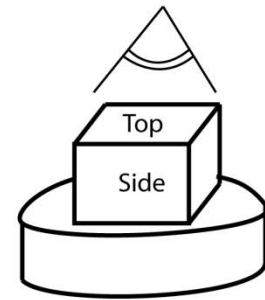
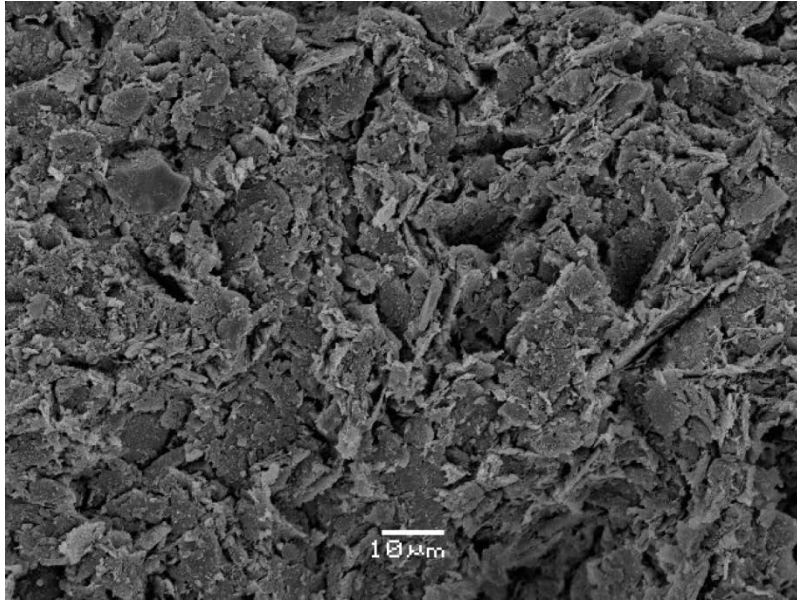
Figur 6: SEM prøve nr 2 gjennom vertikal akse ved 1100 og 6000 ganger forstørrelse.



Figur 7: SEM prøve nr 5 gjennom horisontal akse ved 130, 1100 og 6000 ganger forstørrelse.



**Figur 8: (Top) SEM prøve nr. 5 og (Nederst) SEM prøve nr. 6 gjennom vertikal akse ved 6000 ganger forstørrelse.**



Figur 9: SEM prøve nr 5 gjennom vertikal akse ved 1300 ganger forstørrelse.

# Kontroll- og referanseside/ Review and reference page



<b>Dokumentinformasjon/Document information</b>									
<b>Dokumenttittel/Document title</b> Laboratorierapport			<b>Dokumentnr./Document No.</b> 20120853-01-TN						
<b>Dokumenttype/Type of document</b> Teknisk notat / Technical Note		<b>Distribusjon/Distribution</b> Fri/Unlimited		<b>Dato/Date</b> 2012-11-28					
				<b>Rev.nr.&amp;dato/Rev.No.&amp;date</b> 1, 2013-01-04					
<b>Oppdragsgiver/Client</b> NIFS – prosjekt N-6.7.2									
<b>Emneord/Keywords</b> Kvikkleire, rekonsolidering, styrke, fasthet									
<b>Stedfesting/Geographical information</b>									
<b>Land, fylke/Country, County</b> Norge, Nordland				<b>Havområde/Offshore area</b>					
<b>Kommune/Municipality</b> Vefsn				<b>Feltnavn/Field name</b>					
<b>Sted/Location</b> Remma				<b>Sted/Location</b>					
<b>Kartblad/Map</b> 1926 IV Fustvatnet				<b>Felt, blokknr./Field, Block No.</b>					
<b>UTM-koordinater/UTM-coordinates</b> Sone 33 N7301835 E421512									
<b>Dokumentkontroll/Document control</b>									
<b>Kvalitetssikring i henhold til/Quality assurance according to NS-EN ISO9001</b>									
Rev./ Rev.	Revisjonsgrunnlag/Reason for revision	Egen- kontroll/ Self review av/by:		Sidemanns- kontroll/ Colleague review av/by:		Uavhengig kontroll/ Independent review av/by:		Tverrfaglig kontroll/ Inter- disciplinary review av/by:	
0	Originaldokument	RMo		JSL					
1	Inkluderer mikroskopanalyser (SEM)	RMo		JSL					
<b>Dokument godkjent for utsendelse/ Document approved for release</b>			<b>Dato/Date</b> 4. januar 2013		<b>Sign. Prosjektleder/Project Manager</b> Ragnar Moholdt				



NGI (Norges Geotekniske Institutt) er et internasjonalt ledende senter for forskning og rådgivning innen geofagene. Vi utvikler optimale løsninger for samfunnet, og tilbyr ekspertise om jord, berg og snø og deres påvirkning på miljøet, konstruksjoner og anlegg.

Vi arbeider i følgende markeder: olje, gass og energi, bygg, anlegg og samferdsel, naturskade og miljøteknologi. NGI er en privat stiftelse med kontor og laboratorier i Oslo, avdelingskontor i Trondheim og datterselskap i Houston, Texas, USA.

NGI ble utnevnt til "Senter for fremragende forskning" (SFF) i 2002 og leder "International Centre for Geohazards" (ICG).

[www.ngi.no](http://www.ngi.no)

NGI (Norwegian Geotechnical Institute) is a leading international centre for research and consulting in the geosciences. NGI develops optimum solutions for society, and offers expertise on the behaviour of soil, rock and snow and their interaction with the natural and built environment.

NGI works within the oil, gas and energy, building and construction, transportation, natural hazards and environment sectors. NGI is a private foundation with office and laboratory in Oslo, branch office in Trondheim and daughter company in Houston, Texas, USA.

NGI was awarded Centre of Excellence status in 2002 and leads the International Centre for Geohazards (ICG).

[www.ngi.no](http://www.ngi.no)

Ved elektronisk overføring kan ikke konfidensialiteten eller autentisiteten av dette dokumentet garanteres. Adressaten bør vurdere denne risikoen og ta fullt ansvar for bruk av dette dokumentet.

Dokumentet skal ikke benyttes i utdrag eller til andre formål enn det dokumentet omhandler. Dokumentet må ikke reproduseres eller leveres til tredjemand uten eiers samtykke. Dokumentet må ikke endres uten samtykke fra NGI.

Neither the confidentiality nor the integrity of this document can be guaranteed following electronic transmission. The addressee should consider this risk and take full responsibility for use of this document.

This document shall not be used in parts, or for other purposes than the document was prepared for. The document shall not be copied, in parts or in whole, or be given to a third party without the owner's consent. No changes to the document shall be made without consent from NGI.



Hovedkontor/Main office:  
PO Box 3930 Ullevål Stadion  
NO-0806 Oslo  
Norway

Besøksadresse/Street address:  
Sognsveien 72, NO-0855 Oslo

Avd Trondheim/Trondheim office:  
PO Box 1230 Sluppen  
NO-7462 Trondheim  
Norway

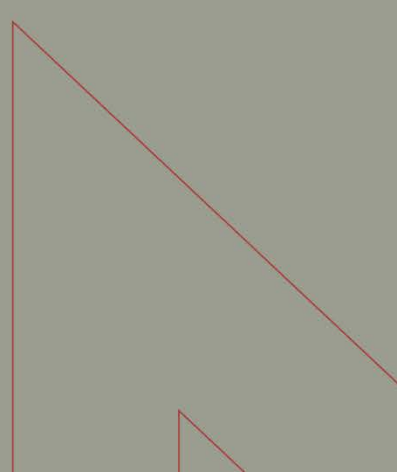
Besøksadresse/Street address:  
Pirsenteret, Havnegata 9, NO-7010 Trondheim

T: (+47) 22 02 30 00  
F: (+47) 22 23 04 48

[ngi@ngi.no](mailto:ngi@ngi.no)  
[www.ngi.no](http://www.ngi.no)

Kontonr 5096 05 01281/IBAN NO26 5096 0501 281  
Org. nr./Company No.: 958 254 318 MVA

BSI EN ISO 9001  
Sertifisert av/Certified by BSI, Reg. No. FS 32989



# Kontroll- og referanseside/ Review and reference page



<b>Dokumentinformasjon/Document information</b>									
<b>Dokumenttittel/Document title</b> Leirskred Døla, Mosjøen			<b>Dokumentnr./Document No.</b> 20110544-01-R						
<b>Dokumenttype/Type of document</b> Rapport/Report		<b>Distribusjon/Distribution</b> Fri/Unlimited		<b>Dato/Date</b> 18. januar 2013					
<b>Oppdragsgiver/Client</b> Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE)									
<b>Emneord/Keywords</b> Totalsondering, CPTU, poretrykksmåler, prøveserie									
<b>Stedfesting/Geographical information</b>									
<b>Land, fylke/Country, County</b> Norge, Nordland				<b>Havområde/Offshore area</b>					
<b>Kommune/Municipality</b> Vefsn				<b>Feltnavn/Field name</b>					
<b>Sted/Location</b> Remma				<b>Sted/Location</b>					
<b>Kartblad/Map</b> 1926 IV Fustvatnet				<b>Felt, blokknr./Field, Block No.</b>					
<b>UTM-koordinater/UTM-coordinates</b> Sone 33 N7301835 E421512									
<b>Dokumentkontroll/Document control</b>									
<b>Kvalitetssikring i henhold til/Quality assurance according to NS-EN ISO9001</b>									
<b>Rev./Rev.</b>	<b>Revisjonsgrunnlag/Reason for revision</b>	<b>Egenkontroll/Self review av/by:</b>		<b>Sidemanns-kontroll/Colleague review av/by:</b>		<b>Uavhengig kontroll/Independent review av/by:</b>		<b>Tverrfaglig kontroll/Inter-disciplinary review av/by:</b>	
0	Originaldokument	RMo		JSL					
<b>Dokument godkjent for utsendelse/Document approved for release</b>		<b>Dato/Date</b> 18. januar 2013		<b>Sign. Prosjektleder/Project Manager</b> Ragnar Moholdt					



NGI (Norges Geotekniske Institutt) er et internasjonalt ledende senter for forskning og rådgivning innen geofagene. Vi utvikler optimale løsninger for samfunnet, og tilbyr ekspertise om jord, berg og snø og deres påvirkning på miljøet, konstruksjoner og anlegg.

Vi arbeider i følgende markeder: olje, gass og energi, bygg, anlegg og samferdsel, naturskade og miljøteknologi. NGI er en privat stiftelse med kontor og laboratorier i Oslo, avdelingskontor i Trondheim og datterselskap i Houston, Texas, USA.

NGI ble utnevnt til "Senter for fremragende forskning" (SFF) i 2002 og leder "International Centre for Geohazards" (ICG).

[www.ngi.no](http://www.ngi.no)

NGI (Norwegian Geotechnical Institute) is a leading international centre for research and consulting in the geosciences. NGI develops optimum solutions for society, and offers expertise on the behaviour of soil, rock and snow and their interaction with the natural and built environment.

NGI works within the oil, gas and energy, building and construction, transportation, natural hazards and environment sectors. NGI is a private foundation with office and laboratory in Oslo, branch office in Trondheim and daughter company in Houston, Texas, USA.

NGI was awarded Centre of Excellence status in 2002 and leads the International Centre for Geohazards (ICG).

[www.ngi.no](http://www.ngi.no)



Hovedkontor/Main office:  
PO Box 3930 Ullevål Stadion  
NO-0806 Oslo  
Norway

Besøksadresse/Street address:  
Sognsveien 72, NO-0855 Oslo

Avd Trondheim/Trondheim office:  
PO Box 1230 Pirsenteret  
NO-7462 Trondheim  
Norway

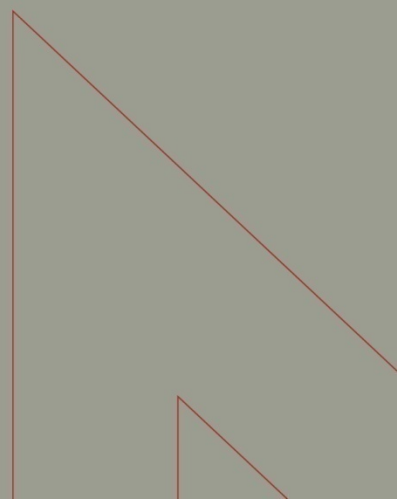
Besøksadresse/Street address:  
Pirsenteret, Havnegata 9, NO-7010 Trondheim

T: (+47) 22 02 30 00  
F: (+47) 22 23 04 48

[ngi@ngi.no](mailto:ngi@ngi.no)  
[www.ngi.no](http://www.ngi.no)

Kontonr 5096 05 01281 /IBAN NO26 5096 0501 281  
Org. nr./Company No.: 958 254 318 MVA

BSI EN ISO 9001  
Sertifisert av/Certified by BSI, Reg. No. FS 32989





## Vedlegg B - Bilder fra skredet

### Innhold

#### **Figurer**

Figur B1-B3 Bilder fra skredet



Figur 1 Oversiktsbilde fra vegen vest for skredet



Figur 2 Nytt midlertidig elveløp gravd ut foran skredet





Figur 3 Bakre skredkant og oppstuvning av leirmasser i fronten



Figur 4 Skredet sett fra nordvest



Figur 5 Trærne hadde lagt seg innover i rasgropa (rotasjonsskred)

# Kontroll- og referanseside/ Review and reference page



<b>Dokumentinformasjon/Document information</b>					
<b>Dokumenttittel/Document title</b> Skred ved Døla i Vefsn. Undersøkelse av materialeegenskaper.				<b>Dokumentnr./Document No.</b> 20120166-01-R	
<b>Dokumenttype/Type of document</b> Rapport/Report		<b>Distribusjon/Distribution</b> Fri/Unlimited		<b>Dato/Date</b> 11. april 2013	
				<b>Rev.nr.&amp;dato/Rev.No.&amp;date</b>	
<b>Oppdragsgiver/Client</b> NFR					
<b>Emneord/Keywords</b> Skred, rekonsolidering, materialeegenskaper, indeksparameter					
<b>Stedfesting/Geographical information</b>					
<b>Land, fylke/Country, County</b> Norge, Nordland				<b>Havområde/Offshore area</b>	
<b>Kommune/Municipality</b> Vefsn				<b>Felt navn/Field name</b>	
<b>Sted/Location</b> Døla ved Remma				<b>Sted/Location</b>	
<b>Kartblad/Map</b> 1926 IV Fusvatnet				<b>Felt, blokknr./Field, Block No.</b>	
<b>UTM-koordinater/UTM-coordinates</b> Sone 33 N7301835 E421512					
<b>Dokumentkontroll/Document control</b>					
<b>Kvalitetssikring i henhold til/Quality assurance according to NS-EN ISO9001</b>					
Rev./ Rev.	Revisjonsgrunnlag/Reason for revision	Egen- kontroll/ Self review av/by:	Sidemanns- kontroll/ Colleague review av/by:	Uavhengig kontroll/ Independent review av/by:	Tverrfaglig kontroll/ Inter- disciplinary review av/by:
0	Originaldokument	RMo	JSL/ VG		
<b>Dokument godkjent for utsendelse/ Document approved for release</b>		<b>Dato/Date</b> 11. april 2013		<b>Sign. Prosjektleder/Project Manager</b> Ragnar Moholdt	

NGI (Norges Geotekniske Institutt) er et internasjonalt ledende senter for forskning og rådgivning innen geofagene. Vi utvikler optimale løsninger for samfunnet, og tilbyr ekspertise om jord, berg og snø og deres påvirkning på miljøet, konstruksjoner og anlegg.

Vi arbeider i følgende markeder: olje, gass og energi, bygg, anlegg og samferdsel, naturskade og miljøteknologi. NGI er en privat stiftelse med kontor og laboratorier i Oslo, avdelingskontor i Trondheim og datterselskap i Houston, Texas, USA.

NGI ble utnevnt til "Senter for fremragende forskning" (SFF) i 2002 og leder "International Centre for Geohazards" (ICG).

[www.ngi.no](http://www.ngi.no)

NGI (Norwegian Geotechnical Institute) is a leading international centre for research and consulting in the geosciences. NGI develops optimum solutions for society, and offers expertise on the behaviour of soil, rock and snow and their interaction with the natural and built environment.

NGI works within the oil, gas and energy, building and construction, transportation, natural hazards and environment sectors. NGI is a private foundation with office and laboratory in Oslo, branch office in Trondheim and daughter company in Houston, Texas, USA.

NGI was awarded Centre of Excellence status in 2002 and leads the International Centre for Geohazards (ICG).

[www.ngi.no](http://www.ngi.no)





Hovedkontor/Main office:  
PO Box 3930 Ullevål Stadion  
NO-0806 Oslo  
Norway

Besøksadresse/Street address:  
Sognsveien 72, NO-0855 Oslo

Avd Trondheim/Trondheim office:  
PO Box 1230 Pirsenteret  
NO-7462 Trondheim  
Norway

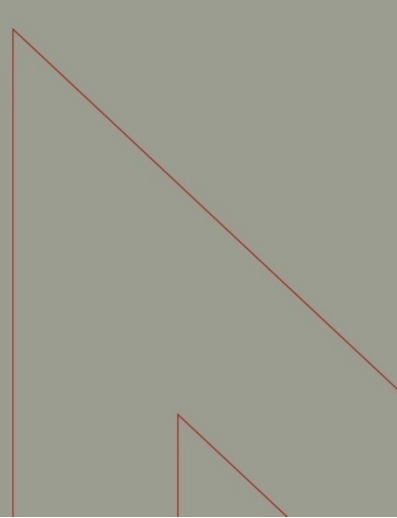
Besøksadresse/Street address:  
Pirsenteret, Havnegata 9, NO-7010 Trondheim

T: (+47) 22 02 30 00  
F: (+47) 22 23 04 48

[ngi@ngi.no](mailto:ngi@ngi.no)  
[www.ngi.no](http://www.ngi.no)

Kontonr 5096 05 01281 /IBAN NO26 5096 0501 281  
Org. nr./Company No.: 958 254 318 MVA

BSI EN ISO 9001  
Sertifisert av/Certified by BSI, Reg. No. FS 32989



## Utgitt i Rapportserien i 2013

- Nr. 1 Roller i det nasjonale arbeidet med håndtering av naturfarer for tre samarbeidende direktorat
- Nr. 2 Norwegian Hydrological Reference Dataset for Climate Change Studies. Anne K. Fleig (Ed.)
- Nr. 3 Anlegging av regnbed. En billedkavalkade over 4 anlagte regnbed
- Nr. 4 Faresonekart skred Odda kommune
- Nr. 5 Faresonekart skred Årdal kommune
- Nr. 6 Sammenfatning av planlagte investeringer i sentral- og regionalnettet for perioden 2012-2021
- Nr. 7 Vandringshindere i Gaula, Namsen og Stjørdalselva
- Nr. 8 Kvartalsrapport for kraftmarknaden. Ellen Skaansar (red.)
- Nr. 9 Energibruk i kontorbygg – trender og drivere
- Nr. 10 Flomsonekart Delprosjekt Levanger. Kjartan Orvedal, Julio Pereira
- Nr. 11 Årsrapport for tilsyn 2012
- Nr. 12 Report from field trip, Ethiopia. Preparation for ADCP testing (14-21.08.2012)
- Nr. 13 Vindkraft - produksjon i 2012
- Nr. 14 Statistikk over nettleie i regional- og distribusjonsnettet 2013. Inger Sætrang
- Nr. 15 Klimatilpasning i energiforsyningen- status 2012. Hvor står vi nå?
- Nr. 16 Energy consumption 2012. Household energy consumption
- Nr. 17 Bioenergipotensialet i industrielt avfall
- Nr. 18 Utvikling i nøkkeltall for strømnetselskapene
- Nr. 19 NVEs årsmelding
- Nr. 20 Oversikt over vedtak og utvalgte saker. Tariffer og vilkår for overføring av kraft i 2012
- Nr. 21 Naturfareprosjektet: Delprosjekt Kvikkleire. Utstrekning og utløpsdistanse for kvikkleireskred basert på katalog over skredhendelser i Norge
- Nr. 22 Naturfareprosjektet: Delprosjekt Kvikkleire. Forebyggende kartlegging mot skred langs strandsonen i Norge Oppsummering av erfaring og anbefalinger
- Nr. 23 Naturfareprosjektet: Delprosjekt Kvikkleire. Nasjonal database for grunnundersøkelser (NADAG) – forundersøkelse
- Nr. 24 Flom og skred i Troms juli 2012. Inger Karin Engen, Graziella Devoli, Knut A. Hoseth, Lars-Evan Pettersson
- Nr. 25 Capacity Building in Hydrological Services. ADCP and Pressure Sensor Training Ministry of Water and Energy, Ethiopia 20th – 28th February 2013
- Nr. 26 Naturfareprosjektet: Delprosjekt Kvikkleire. Vurdering av kartleggingsgrunnlaget for kvikkleire i strandsonen
- Nr. 27 Kvartalsrapport for kraftmarknaden. Ellen Skaansar (red.)
- Nr. 28 Flomberegninger for Fedaelva, Kvinesdal kommune, Vest-Agder (025.3A1) Per Alve Glad
- Nr. 29 Beregning av energitilsig basert på HBV-modeller. Erik Holmquist
- Nr. 30 De ustabile fjellsidene i Stampa – Flåm, Aurland kommune Sammenstilling, scenario, risiko og anbefalinger. Lars Harald Blikra
- Nr. 31 Naturfareprosjektet: Delprosjekt 4 Overvåking og varsling Overvåking ved akutte skredhendelser
- Nr. 32 Landsomfattende mark- og grunnvannsnett. Drift og formidling 2012. Jonatan Haga
- Nr. 33 Naturfareprosjektet: Delprosjekt 6 Kvikkleire. Saltdiffusjon som grunnforsterking i kvikkleire
- Nr. 34 Kostnadseffektivitet i distribusjonsnettet – En studie av referentene i kostnadsnormmodellen
- Nr. 35 The unstable phyllitic rocks in Stampa – Flåm, western Norway Compilation, scenarios, risk and recommendations. Lars Harald Blikra
- Nr. 36 Flaumsonekart Delprosjekt Årdal i Sogn. Siss-May Edvardsen, Camilla Roald
- Nr. 37 Naturfareprosjektet: Delprosjekt 6 Kvikkleire. Skånsomme installasjonsmetoder for kalksementpeler og bruk av slurry
- Nr. 38 Naturfareprosjektet: Delprosjekt 6 Kvikkleire. Karakterisering av historiske kvikkleireskred og input parametere for Q-BING
- Nr. 39 Naturfareprosjektet: Delprosjekt 6 Kvikkleire. Natural Hazards project: Work Package 6 - Quick clay Characterization of historical quick clay landslides and input parameters for Q-Bing

*Rapportserien i 2013 forts.*

Nr. 40 Naturfareprosjektet: Delprosjekt 6 Kvikkleire. Skred ved Døla i Vefsn. Undersøkelse av materialeegenskaper



Norges  
vassdrags- og  
energidirektorat

Norges vassdrags- og energidirektorat

Middelthunsgate 29  
Postboks 5091 Majorstuen  
0301 Oslo

Telefon: 09575  
Internett: [www.nve.no](http://www.nve.no)

